



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

**Geometría descriptiva: su enseñanza en el aprendizaje actual**

**Análisis, evaluación y prospección**

De la técnica tradicional a la innovación computacional

*...del plano con escuadras y compás al espacio con teclado*

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN ARQUITECTURA**

PRESENTA:

**JAVIER ENRIQUE RAMÍREZ ARELLANO**

Director de Tesis:

**Mtro. Jaime Francisco Irigoyen Castillo**

Facultad de arquitectura-UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

**Dra. Lucia Constanza Ibarra Cruz** Facultad de arquitectura-UNAM

**Mtra. Adriana Díaz Caamaño** Facultad de arquitectura-UNAM

**Dr. Héctor Alain Allier Avendaño** Facultad de arquitectura-UNAM

**Mtra. María Lorena Pérez Gómez** Facultad de arquitectura-UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., octubre 2019.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## Dedicatoria

*“Dirán que, por carecer de letras, no podré expresar bien lo que deseo.  
No saben ellos que mis cosas valen más por ser fruto de la experiencia y no de palabras ajenas. ...”*

*Leonardo da Vinci (1452-1519)*

***Es más importante lo que damos y compartimos que lo que demostramos.***

Este trabajo está dedicado con pasión a mis musas y al sosiego silencio de los libros.

Se realizó por fin esta investigación. Está dedicada para creativos que inevitablemente producen investigación, locas creaturas que algún día harán de este mundo un sitio más divertido y bello de lo que es, porque quizás entre ellos te encuentres, sepan que este trabajo les está dedicado.

A **Conchita** mi madre, por su coraje.

A **Tere** mi hermana por supuesto, por comprenderme y ayudarme siempre.

A **Erica** y **Adrhianita** hijas de mi profundo ser,  
ustedes mejor que nadie saben cuántos sacrificios hay en todo esto.

A **Erick** y **Natalia** hijos de mis más profundos seres.

A mí mismo.



## Agradecimientos

*Esta es la última hoja en escribirse. No sé si mi mano podrá expresar lo que mi corazón siente.*

Quiero comenzar agradeciendo este trabajo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el estímulo proporcionado durante todos mis estudios de posgrado, a la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo brindado para mi estancia de investigación y por la oportunidad de estudiar en ésta mi segunda *alma mater*.

A todos los que me han dado todo, apoyo, cariño y fuerza, quizá nunca pueda pagárselos pero trataré de hacerlo.

A mis maestros y doctores del posgrado que hicieron rodar mi imaginación cuando creía que no se podía. Por tantos conocimientos.

Mi agradecimiento más profundo a mi tutor y director de esta tesis el Maestro Jaime F. Irigoyen, por todo su trabajo, sus orientaciones, y por ir más allá de donde el deber exige y solo la amistad nos permite llegar con su confianza e interés ilimitado en mi tema de investigación.

Al Doctor Héctor Alain Allier Avendaño y la Maestra María Lorena Pérez Gómez, una mención especial cuyas opiniones y sugerencias fueron convenientes y acertadas para la estructura de esta investigación.

A la Arq. Isaura González Gottdiener coordinadora de la biblioteca Lino Picaseño de la facultad de arquitectura de la UNAM, quién me facilitó el acceso al acervo. Por su información y entusiasmo.

El destino de muchos hombres dependió de haber tenido o no una biblioteca en su casa... ¡Gracias Padre! en el otro mundo y en éste.

Al Maestro Adán Barreto Villanueva, mi Ludovico Sforza y Lorenzo de Médicis en uno, que de acuerdo con la doctrina de la Iglesia, se pudo salvar del infierno patrocinando ésta obra. Por ser amigo y parecerse tanto a mí, le dedico este trabajo también.

No puedo dejar pasar la oportunidad para destacar el apoyo y amistad brindada del Dr. Juan Carlos Gómez Vargas y del Arq. Rafael Rodríguez Sáez de la Universidad de Granada en España.

A los discentes y docentes de Geometría Descriptiva de la Universidad de Granada en España, que ayudaron en el proceso de observación y evaluación para este trabajo.



<b>ÍNDICE</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LA GEOMETRÍA COMO VALOR CULTURAL</b>	
<b>1.1 MARCO HISTÓRICO CONCEPTUAL</b>	
1.1.1 ORÍGENES DE LA GEOMETRÍA	
1.1.1.1 El origen del término Geometría	15
1.1.1.2 De la Geometría y matemáticas en la antigüedad	19
1.1.1.3 De la Geometría en la Edad Media	33
1.1.1.4 De la Geometría en la Edad Moderna	39
<b>LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA Y SU ENSEÑANZA DISCIPLINAR E INSTITUCIONAL</b>	
<b>1.2 MARCO HISTÓRICO INSTRUMENTAL</b>	
1.2.1 LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO DISCIPLINA	
1.2.1.1 Gaspar Monge, la Escuela Normal y l'École Polytechnique de París y su influencia geométrica	47
1.2.1.2 De la Real Academia de las Nobles Artes de San Fernando en Madrid a la Real Academia de San Carlos de las Nobles Artes del reino de la Nueva España	54
<b>LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO ASIGNATURA</b>	
<b>1.3 MARCO HISTÓRICO ACADÈMICO</b>	
1.3.1 LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO ASIGNATURA ESCOLARIZADA	
1.3.1.1 La Universidad Nacional Autónoma de México, ANASC-ENBA-ENA-FA Currículo y Planes de Estudio	63
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO INVESTIGACIÓN</b>	
<b>2.1 MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.1 CRITERIOS SOCIO ACADÈMICOS Y PSICOPEDAGÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA	
2.1.1.1 Estudio comparativo con las Escuelas Técnicas Superiores de la Universidad de Granada en España Currículo y Planes de Estudio	97 105
2.1.1.2 La didáctica de la Geometría Descriptiva como objeto de investigación	106

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN E INVESTIGACION DE CAMPO**

#### **3.1 MARCO METODOLÓGICO**

<b>3.1.1 PROBLEMATIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO</b>	
3.1.1.1 ¿Por qué investigar sobre la enseñanza de la Geometría?	109
3.1.1.2 ¿Cómo estudiar la enseñanza de la Geometría?	110
3.1.1.3 ¿Qué investigar?	111
<b>3.1.2 MUESTREO Y DISEÑO DEL CUESTIONARIO (FICHA TÉCNICA)</b>	
3.1.2.1 El cuestionario-ítems	114
3.1.2.2 La codificación	116
<b>3.1.3 PRODUCCIÓN GEOMÉTRICA A PARTIR DEL CAD Y SU IDEOLOGÍA GLOBALIZANTE COMO REPRODUCCIÓN</b>	
3.1.3.1 Influencia de las nuevas tecnologías como innovación en la enseñanza de la Geometría Descriptiva tradicional	116
3.1.3.2 La Geometría Descriptiva y su comprensión en la actualidad	118
3.1.3.3 El libro de texto de Geometría como herramienta didáctica y parte del entorno de enseñanza-aprendizaje	124
<b>3.1.4 CONSTATAción DE LO OBSERVADO</b>	
3.1.4.1 Resultados	127

## **CAPÍTULO 4**

### **EVALUACION DE LA DIDACTICA ACTUAL DE LA GEOMETRIA DESCRIPTIVA**

#### **4.1 EVALUACIÓN Y VALORACIONES QUE EXTIENDAN EL APRENDIZAJE DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA**

<b>4.1.1 CONSECUENCIAS EN LA ESCUELA MEXICANA DE ARQUITECTURA</b>	
4.1.1.1 Descripto explicativo: ¿Qué?	135
4.1.1.2 Descripto unificador: ¿Por qué?	136
4.1.1.3 Descripto sintetizador: ¿Para qué?	140
<b>4.1.2 CONSIDERACIONES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA</b>	
4.1.2.1 Consideraciones para revisar la comprensión de la Geometría	142
4.1.2.2 Recursos de enseñanza y aprendizaje geométrico	148
4.1.2.3 Aspectos que apoyan la importancia de la enseñanza tradicional en el proceso de aprendizaje de la Geometría Descriptiva	159
<b>4.1.3 APRENDER Y ENSEÑAR GEOMETRÍA DESCRIPTIVA ¿FÁCIL O DIFÍCIL?</b>	166
<b>4.1.4 LA DIDACTICA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA</b>	
4.1.4.1 La geometría descriptiva como instrumento didáctico	167
<b>EPILOGO</b>	175
<b>REFERENCIAS Y HEMEROGRAFÍA</b>	181
<b>ANEXOS</b>	189

“...Saber es el requisito básico para enseñar.  
La peor expresión sería afirmar que si uno sabe bien un tema, le es posible enseñarlo.  
Mucho puede hacerse con el primer enunciado para que pueda sostenerse como juicio educacional.  
El segundo, en cambio, es meramente un cínico rechazo de la dimensión teórica de la educación”

Marc Belth (1912-1986)

## Introducción



ESCUADRA Y COMPÁS

La figura labrada sobre una de las claves de bóveda del lado sur de la iglesia de Semuren-Auxois probablemente representa a un arquitecto, a tenor de la escuadra y el compás que sostiene, pues dichas herramientas estaban asociadas con la profesión de albañil.

Esta investigación se encuadra en el campo de conocimiento de la investigación y docencia. El objetivo fundamental de la línea de investigación es el análisis de cómo se comprende el aprendizaje para la aplicación en la enseñanza de la Geometría Descriptiva como posibilidad de sistematización informática en el proceso del diseño en las escuelas de arquitectura, y la evaluación del resultado de actitud con base en cuestionarios, así como de la prospección académica como problema de conocimiento atendiendo a las condiciones ideológicas existentes entre los elementos y las condiciones de implementación de todos los desarrollos en un sistema que permita el aprendizaje de forma tradicional o digital por parte del alumno. Esto ha dado lugar a dos líneas de trabajo complementarias que comparten la misma organización del conocimiento. La primera de ellas persigue la evaluación que extiendan el aprendizaje, que permita al profesor la introducción de una rúbrica para evaluar la solución de cualquier problema de geometría descriptiva realizado, dividiendo el objetivo global en varios competencias parciales, estableciendo puntos de control para la verificación de lo realizado por el alumno. La segunda línea de trabajo se ha orientado hacia la didáctica crítica de la Geometría Descriptiva como sistematización de la generación y solución a los contenidos de los planes de estudio.

La metodología propuesta se materializa en una aplicación a partir del marco histórico conceptual y que hace que el conjunto de todo lo investigado pueda ser considerado como un entorno de propósito constructivo instrumental. Se actúa en una realidad cambiante, que se modifica constantemente, abriendo posibilidades a nuevos aprendizajes a través de medios informáticos cada vez más sofisticados y que son por ahora, la solución para estimular el aprendizaje en el salón de clases. Supuesto muy en boga en este nuevo siglo, y cada vez más ampliamente acogida, pero ¿qué sucede cuando la realidad desbarata una tradición?

La enseñanza de la Geometría Descriptiva tradicionalmente se apoya sólo de las herramientas manuales de dibujo exacto, pero ahora, en la actualidad se utiliza la computadora como herramienta de dibujo, lo cual representa un cambio significativo en el sistema de enseñanza-aprendizaje de dicha disciplina.

Para algunos docentes dedicados a la enseñanza de la Geometría Descriptiva ha sido difícil cambiar su práctica tradicional para adaptarla a los nuevos recursos tecnológicos, mientras que a otros, ha sido más fácil enseñar los contenidos asistido por la computadora.

La Geometría Descriptiva se ha enseñado con el método tradicional. Sin duda, esto ha ido evolucionando con el paso del tiempo debido a los avances tecnológicos. Esta evolución que pareciera “abrupta”, han generado inquietud en los docentes que se dedican a la enseñanza de la Geometría Descriptiva, suscitando cuestionamientos como: ¿ha llegado el momento de renunciar al sistema tradicional de la enseñanza de la Geometría Descriptiva?, ¿es posible enseñar esa asignatura, con códigos de dibujo técnico mediante el uso de la computadora?, ¿están preparados los maestros para responder con éxito a las implicaciones de esos cambios? Y en relación con este trabajo de investigación la pregunta es ¿qué didáctica a partir de la implementación de las nuevas tecnologías es la correcta para enseñar Geometría Descriptiva?

Se comienza la investigación cuando surge en ella el interés de organizar información sobre la enseñanza de la Geometría Descriptiva. El presente documento consta de cuatro capítulos que presentan los aspectos generales de la investigación realizada.

El capítulo 1 establece el marco histórico conceptual, disciplinar y como asignatura institucional, el cual se basa en un estudio del contexto histórico de la enseñanza de la Geometría Descriptiva con algunos de sus antecedentes e implicaciones. El capítulo 2, muestra a la Geometría Descriptiva como objeto y problema de conocimiento. El capítulo 3 da a conocer el método de investigación que rigió este trabajo académico por medio de un cuestionario que justifica y plantea mi objeto de estudio, en este capítulo se presenta el propósito general de la investigación, el escenario en donde se llevó a cabo el estudio y la población que participó en el mismo, las técnicas de recolección de datos y el proceso que se llevó a cabo para el análisis de la información recabada.

Los resultados, que son la parte fundamental de esta investigación, se presentan en el capítulo 4, divididos en tres grandes apartados:

Interpretación de lo observado, evaluación y valoraciones que extiendan el aprendizaje y la didáctica de la Geometría Descriptiva.

Por último, se presentan los comentarios, recomendaciones que se consideran para revisar su comprensión de acuerdo al resultado del análisis de los datos.

El papel de la Geometría está relacionado tanto en el proceso del diseño arquitectónico, en el de la teoría y práctica de la arquitectura, como en el de la enseñanza de la arquitectura.

La falta de una relación epistemológica y cognitiva entre la enseñanza de la Geometría y el aprender a diseñar es una inquietud pocas veces expresada, más aún en los talleres de proyectos, por tanto, será conveniente revisar el modo de enseñarla a partir de entenderla e investigar su didáctica.

La enseñanza parte de una premisa fundamental: se aprende a hacer Geometría haciendo Geometría; hacer Geometría es una actividad práctica que no se puede transmitir desde fuera, acudiendo únicamente a un manual de instrucciones, a un método que indique los pasos a seguir hasta llegar al final. Sin la práctica sería imposible aprender.

La comunicación con el *discente*<sup>1</sup> ha cambiado. Se considera que a los estudiantes de arquitectura no les han hecho notar que la Geometría Descriptiva y el dibujo van de la mano y que tienen una relación determinante en el proceso del diseño en los talleres de proyectos. El aprendizaje de la Geometría Plana en general y de la Descriptiva en particular, no es asumido por nadie en especial dentro de la enseñanza de la arquitectura, por lo que se recurre a los propios compañeros para aprender y no a estudiar algún texto con problemas geométricos, sino a “copiar” y no a analizar las actividades de algún libro sobre el tema.

De allí que sin tratar de lograr hacer un tratado sobre la esencia de la Geometría Descriptiva, sobre los efectos y las causas de enseñar con benevolencia (*bene velle* – “querer bien”) la Geometría Descriptiva hoy en día, y nunca usando el término *deseo* de enseñar, sino el de *apetito*, pues *ad petere* tiene un sentido más complejo: el de la tendencia-inclinación, el de la búsqueda, el de impulso, en este espacio académico los discentes y los docentes son los que podrían manifestar una posición quizá antagónica pero no inválida para explorar la situación.

Se ha consultado información de la biblioteca “Lino Picaseño” de la Facultad de Arquitectura para verificar la existencia cuantitativa como cualitativamente de la bibliografía, así como su consulta cronológica hasta el momento de esta investigación.

En la arquitectura los procesos de cambio se dan sobre la base de transformaciones en la forma de enseñar y, por tanto, en la forma de aprender. Debemos reconocer que como discentes nos desarrollamos e instruimos en el ámbito de la Geometría Descriptiva. No existía una posición polémica de algunos docentes respecto a lo “obsoleto” de los sistemas de enseñanza y los planes de estudio, tal vez ello era tamizado por la procedencia formativa de la mayoría de los docentes y su manera aprendida de transmitir el conocimiento, los sistemas de evaluación.

A pesar de que actualmente se siga enseñando Geometría Descriptiva al dibujar y trazar de manera tradicional o convencional, es decir en papel con regla y compás, algunos docentes siguen encargando una enorme cantidad de planos o láminas. Pero la diferencia como dicen los discentes de esta generación, “para eso están las computadoras que resuelven el tedioso problema antiguo de trazar con precisión y “derechito”, además el de “corregir” para no borrar los planos”, es decir, las computadoras hacen el mismo tipo de dibujo y proyecciones, pero con menos trabajo, donde la principal prioridad parece ser la eficiencia.

La percepción del problema corresponde a la enseñanza en dos periodos diferentes (antes y después de la computadora). Lo que está en discusión, es la diferencia manifiesta sobre la importancia que no se da a la Geometría Descriptiva como método de reflexión y actividad gráfica y el impacto que se tiene sobre la actividad del uso de las nuevas tecnologías en las escuelas de arquitectura.

Pero al parecer, ya no se le ubica a esta enseñanza con la misma importancia que hace algunos años, y ni remotamente, el que las Academias le otorgaban. No se quiere decir con ello que se deba seguir utilizando los sistemas de enseñanza de antes, pero planearnos la pregunta ¿es posible seguir enseñando Geometría Descriptiva como hasta ahora? ¿Es suficiente para la formación del estudiante?

Es como una lucha generacional, dada entre docentes y discentes al cambiar las condiciones y la naturaleza de las circunstancias. Aprender de quienes nos han precedido, es la forma más tradicional, y tal vez por eso mismo la más eficaz, de transmisión del conocimiento.

Pero como afirma Octavio Paz;

---

<sup>1</sup> La clase académica se divide en *docentes* y *discentes*. adj. y com [persona] que cursa estudios y recibe enseñanzas. Es el que aprende. Es el estudiante.

*...la tradición no se hereda sino que se conquista: hay que adquirirla, aprenderla con modestia, con devoción y dedicación, para luego ser críticos y saber tomar distancia si es necesario: la modernidad es siempre crítica pero a la vez es una ruptura que se basa en una tradición*<sup>2</sup>

Objetivo de esta investigación, en primera instancia dentro del marco histórico académico, es analizar los objetivos, metodología del diseño curricular (estructura, etapas de conocimiento, proceso de enseñanza-aprendizaje, contenido y evaluación) de los planes de estudios elaborados desde sus inicios hasta el actual del 2017 en lo que comprende a la asignatura de la Geometría Descriptiva en la Facultad de Arquitectura de la UNAM como referente principal y dentro del marco teórico en el segundo capítulo realizar un estudio análogo de las Escuelas Técnicas Superiores de la Universidad de Granada en España. Desarrollar una reflexión acerca de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, como aproximación actualizada del tema en el estudio de investigación. Establecer y analizar dentro de la evaluación, la percepción que hoy se tiene de la Geometría Descriptiva como asignatura *manual activa* o *digital activa* que nos permita establecer si ello genera diferencias en los procesos de aprendizaje de la formación del discente como arquitecto y ponderar si los resultados de los cuestionarios son, o no, afectados por ello, para considerarlo en la propuesta y los recursos de enseñanza y aprendizaje geométrico como instrumento didáctico.

Los problemas didácticos de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, tiene su origen principal en el hecho de que esta asignatura (ciencia) no se ha modificado o cambiado (en su contenido y en sus sistemas didácticos), en 222 años es el único producto de la Ilustración<sup>3</sup> que queda, mientras que la realidad ha cambiado en los últimos dos siglos.

Esta investigación no trata de desarrollar y compilar datos para llegar a comparaciones simplistas entre los dos modelos educativos del caso de estudio, pues cada cual responde a momentos y características específicas y diferenciadas de sus egresados.

*...Estudié arquitectura y después me eduqué en geometría, y nunca sentí la necesidad de definirme claramente como arquitecto o como geómetra: encontré una especie de terreno intermedio contaminado por ambas disciplinas.*

*Arq. Javier Enrique Ramírez Arellano MMXIX*

---

<sup>2</sup> Paz, Octavio, *Los Hijos del Limo*, Seix Barral, Barcelona, 1987.

<sup>3</sup> Movimiento filosófico. La Ilustración nace en Gran Bretaña, donde algunos de los rasgos fundamentales del movimiento se dio antes que en otro lugar, pero donde realmente se asentó fue en Francia, donde la admiración por la cultura y las tradiciones inglesas, fueron *difundidas por Voltaire*, produciéndose en este momento su cuerpo ideológico, el enciclopedismo, con sus principales representantes como Montesquieu, Diderot, Rousseau, Buffon, etc. El ideal de la Ilustración es la naturaleza a través de la razón, aunque en realidad no es más que el espíritu del Renacimiento llevado hasta sus últimas consecuencias, en clara oposición con lo sobrenatural y lo tradicional. *El Ilustrado llegaba al amor al prójimo partiendo de la razón y no de la Revelación.*  
<https://sobrehistoria.com/la-ilustracion/>

“La filosofía está escrita en este libro que se halla abierto ante nuestros ojos –me refiero al universo-, pero nos será del todo imposible entenderla, si antes no somos capaces de captar el lenguaje y aprehender los signos con los que está escrita. Está escrita en lenguaje matemático. Los símbolos son triángulos, círculos y otros sin los cuales es imposible entender palabra alguna. Sin su comprensión nos hallaríamos errando por un laberinto oscuro [...]”

Galileo Galilei (1564-1642)



LAS HERRAMIENTAS DEL ALBAÑIL

Esta ilustración decimonónica de un maestro de obras medieval fue empleada por el eminente arquitecto francés Eugène Viollet-le-Duc como portada de su Dictionnaire Raisonné de L'Architecture Française.

## CAPITULO 1 LA GEOMETRÍA COMO VALOR CULTURAL

### 1.1 MARCO HISTÓRICO CONCEPTUAL

#### 1.1.1 ORÍGENES DE LA GEOMETRÍA

Algunas de las necesidades del ser humano a través de la historia han sido contar y *medir*, producto de ello aparece otra necesidad: utilizar unidades de *medida*, pero se han generado todo tipo de unidades y es tal su cantidad que es preciso unificarlas con el fin de tener un lenguaje común, real y equitativo, dado que es la medición una de las herramientas que permite describir, controlar, dirigir y mejorar nuestro entorno (cotidiano, cultural y/o tecnológico).

Pero, ¿Para qué necesita el hombre *medir*? Tal vez la primera necesidad fue *medir* el tiempo, para planificar citas tribales, labores agrícolas, etc. y con ese fin se estableció un calendario y se adoptó como unidad básica de tiempo el día. Después surgiría la necesidad de *medir* al desarrollarse el comercio, pues había que cuantificar el intercambio de bienes y, salvo en el caso de las cabezas de ganado, debió de presentar grandes dificultades el ponerse de acuerdo sobre la unidad para *medir* grano (que obviamente no puede ser tan pequeña como el grano mismo) o para *medir* líquidos (vino, aceites, miel), minerales, alhajas, etc. Casi al mismo tiempo debió de surgir la necesidad de *medir* longitudes para la utilización de troncos y tallado de piedras en la construcción, para la agrimensura, para la compraventa de telas, manufactura de vestimenta, etc. Aun así las distancias largas se medían en unidades de tiempo: en días de viaje a pie o a caballo. Las unidades de longitud a lo largo de la historia son tal vez las que presentan mayor variedad.

Por otro lado la definición de *valores culturales*<sup>4</sup> no es sencilla de establecer, ya que varían de acuerdo a las distintas tradiciones que constituyen el acervo cultural de la humanidad. A grandes rasgos pueden definirse como el conjunto inmaterial de bienes (ideas, consideraciones e ideales) por los que un grupo humano considera digno esforzarse y luchar. Esto no quiere decir que se traduzcan en conductas específicas *ipso facto*, ya que a menudo pertenecen a la esfera de lo idealizado o la imaginación, razón por la cual el arte se hace portavoz de dichos valores.

La respuesta se dará por el valor mayoritario de la Educación que puede ser tanto heredada como innovada. Las colectividades humanas valoran la formación del individuo académicamente, como aspiración al mejoramiento del hombre, es decir, a la potenciación de sus talentos y sus capacidades.

El pasado no es sólo los hechos acontecidos en otro tiempo, es la serie de eventos que se dieron en ámbitos precisos, en espacios físicos, naturales, modificados o creados por el hombre. Sabemos de los orígenes de la Geometría en las culturas antiguas, pero poco se sabe sobre la preparación de los constructores indígenas en nuestro país, por ejemplo. De ellos sólo podemos inferir su gran capacidad como geómetras y su notable visión tridimensional, cualidades distintivas que suponen un largo proceso de evolución en el cual los conceptos geométricos fundamentales tuvieron que ser sistemáticamente transmitidos y acrecentados durante siglos, por herencia de las órdenes mendicantes españolas.

El sentido de la historia no se limita a la recuperación de la memoria adormecida para poder relatar hechos que sucedieron en otro tiempo, es mucho más amplio. El olvido es parte de nuestra idiosincrasia. Olvidar implica alejar, dejar atrás, ignorar, anular toda posibilidad que algo que antes fue recobre significado en el presente. Traer a la memoria o tener en la memoria algo que en el pasado tuvo significado, es garantizar, construir sobre bases firmes, el no hacerlo, conduce a cimentar en el vacío, acción absurda por desconocer la riqueza de conocimiento que se tiene.

Recuperar la memoria de lo que significa aprender geometría implica, no un relato, no una crónica, sino una investigación precisa y bien documentada que rebase todo sentido, que se adentre en una narración con la riqueza descriptiva del juego mágico de la comprensión de la Geometría.

Toda iniciativa presente que pretenda alcanzar algo valioso por el camino de la ruptura sin duda conduce al desarraigo. Es grave olvidar lo que otros han hecho, además de pretencioso, es garantía de fracaso, y de lograr realizar algo, éste carecerá de significado por no tener raíces, y paradójicamente provocará que otros la olviden.

Uno de los valores culturales más cuestionados en las últimas décadas es lo que conocemos como progreso o desarrollo, pues en su nombre se implementaron doctrinas políticas, económicas y sociales que conllevaron a la desigualdad. El progreso tecnológico como única manifestación real del progreso es el nombre del mito con que la sociedad se representa y legitima éticamente su proceso evolutivo desde una perspectiva teleológica, es decir, una razón o explicación de este progreso en función de sus causas finales, propósito u objetivo, se podría argumentar que debemos juzgar si también este progreso es bueno o malo al ver si produce un resultado bueno o malo, y una explicación teleológica de los cambios evolutivos afirman que todos estos cambios ocurren con un propósito definido.

---

<sup>4</sup> Enciclopedia de Ejemplos (2017). "Valores Culturales". Recuperado de: <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-valores-culturales/>

### 1.1.1.1 El origen del término Geometría

La Geometría es uno de los oficios más antiguos: como palabra ( $\gamma\epsilon\omega\mu\epsilon\tau\rho\acute{\iota}\alpha$ ) tiene dos raíces griegas: *geo* que significa *tierra* y *metrón*, *metrein* o *metría* que significa *medida*, por tanto la definición literal sería *medida de la tierra* y *geometrizarse* o *geometrar* sería la acción de medir la tierra. Era un conjunto de reglas prácticas.

El origen de la Geometría métrica, lógica y razonablemente es pensar que se encuentra en el hombre primitivo del Medio Oriente (en el Antiguo Egipto) en los primeros pictogramas, hace aproximadamente 3, 300 años antes de nuestra era, que de alguna forma clasificaba los objetos que le rodeaban atendiendo a su forma o tamaño, ya que no existían todavía los conceptos geométricos ni tampoco las dimensiones como categoría.

Al mismo tiempo se encontraba en la necesidad de *medir* predios agrarios y en la construcción de pirámides y monumentos. En la abstracción de estas formas comienza el primer acercamiento intuitivo e informal de la Geometría y por ende de la aritmética, pero esta concepción geométrica se aceptaba sin demostración, porque era resultado de la práctica empírica. Los antepasados de los geómetras actuales fueron los agrimensores del antiguo Egipto, que tenían encomendada la tarea de restablecer los límites de las propiedades, los cuales habían sido borrados por el agua debido a las inundaciones periódicas del río Nilo, varios autores coinciden en afirmar lo anterior.

Asimismo el desarrollo de la Geometría primitiva fue paralelo al de los números y la aritmética, por esa razón las matemáticas son una ciencia que contienen a la Geometría y la aritmética, una no puede existir sin la otra. La introducción de los números o de contar fue un paso decisivo en la abstracción de la forma y el tamaño de los objetos.

Se tendrá que intentar obtener primero una definición esencial de la Geometría, partiendo de la significación de la palabra. La palabra Geometría quiere decir, deseo de medir, de calcular, calibrar, valorar, contar, establecer, determinar, comprobar, arquear, contener, dimensionar, cubicar, dosificar, graduar, racionar, sonar. Es manifiesto que esta significación etimológica de la palabra Geometría es demasiado general para extraer de ella una definición esencial.

Podría pensarse en recoger algunas definiciones esenciales que los geómetras han dado de la Geometría en el curso de la historia, y compararlas unas con otras, tomemos por ejemplo, la definición, como la que expresa Palazuelo, la cual le parece misteriosa, -porque casi siempre se asocia la idea de misterio con cosas oscuras y confusas- y que para él:

*...la geometría son las figuras, las huellas o trazas que deja el número tras de sí en el movimiento de su operación creativa directa en la naturaleza y también a través de las manos y de la mente del hombre.*<sup>5</sup>

Parece un poco exhaustiva. Pero tampoco este procedimiento conduce al objetivo buscado. Compárese, por ejemplo, los distintos enfoques o pensamientos filosóficos que le daban algunos griegos presocráticos a la naturaleza como fuente de experiencia abstracta, refiriéndonos a la Geometría como *mimesis* de la naturaleza. Pero la misma expresión de razón o argumentación tiene varios sentidos. Para Heráclito, al igual que para los estoicos, la razón es la ley universal que *ordena* el universo. En Zenón, forma parte de la dialéctica. Para Platón, el logos obra como intermediario entre lo divino con lo humano y de ella

---

<sup>5</sup> Bonell, Carmen, *La Geometría y la Vida: Antología de Palazuelo*, 2006, p.85. Palazuelo, "La co-herencia en la estructura geométrica, *Op. cit.*, p.89.

escribe que levanta al ánimo a la verdad y lo prepara para el conocimiento de la filosofía, y aprovecha mucho al arte militar para asentar el real, para ocupar puestos, para recoger y dividir las tropas y para las máquinas que se suele usar en la guerra. En Euclides, el logos es equivalente a razón o sea relación cuantitativa entre *magnitudes*. Tales de Mileto aclara algo que no se puede negar o poner en duda que trasciende los triángulos particulares y delinea un teorema de proporcionalidad entre triángulos. El teorema constituye la llave que entreabre la puerta de una experiencia trascendente, elemento constitutivo del logos griego. Para Kant, “la Geometría es la ciencia que objetiva el espacio”.<sup>6</sup>

En su folio referente a *De la Geometría*<sup>7</sup> Fray Andrés dice: “Filón Hebreo<sup>8</sup> llama primera y madre de todas las disciplinas y Celso<sup>9</sup> principio y base de todas las ciencias matemáticas y Francisco Patricio<sup>10</sup> ayuda y socorro de todas las artes. Marcelo Ficinus<sup>11</sup> enseña ser la profesión geométrica necesaria para la justicia distributiva y para todos los actos que comúnmente intervienen en la república. Quintiliano tiene por opinión ser necesaria para avivar los ingenios y para *aprender* los números y formas”.<sup>12</sup>

Continúa argumentando el fraile diciendo que esta ciencia es aprobada “por las leyes civiles” que en opinión de Lucas de Pena se “pueda apremiar a los hombres a *aprenderla*, siendo provechosa en todas las cosas y de mucha consideración, así para ricos como para pobres y artífices”.

Esta ciencia continúa diciendo, “tiene más loa que las otras tres comprendidas en las matemáticas”. Y habiendo muchas disputas entre los logos de casi las demás disciplinas;

*...sólo los geométricos en todas partes concuerdan en uno y jamás sobre la facultad se halló entre ellos algún debate, porque aunque disputan de los puntos, de las líneas y de las superficies, si se pueden dividir o no, en lo demás concuerdan; ni difieren en doctrina o preceptos, antes se esfuerzan por excederse el uno al otro con nuevas y más sutiles invenciones. Sin esta ciencia sería falsa la arquitectura...porque la arquitectura traza con ella todas las plantas de los edificios...poniéndolos en dibujo...Síguese pues ser la geometría maestra de todas las artes, sirviendo con sus medidas a arquitectos...*<sup>13</sup>

A tal definición buscada sólo se llega, pues, prescindiendo de las anteriores razones y confrontándolas con el contenido histórico de la Geometría misma y, como consecuencia dará el material para encontrar el concepto esencial de la Geometría. Y para eso se necesita conocer lo que es la Geometría, para extraer su concepto de los hechos. Empero parece haber, para obtenerla, una *petitio principii*, un círculo vicioso que conduciría al fracaso.

<sup>6</sup> Cf. Kant, Immanuel, *Crítica de la razón pura*, traducción, estudio preliminar y aparato de notas de Mario Caimi, México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2009, B161. En adelante CRP, seguido de la numeración correspondiente.

<sup>7</sup> [Folio 7r; el 6v en blanco] MATEMATICAS, Báez Macías, Eduardo, Obras de fray Andrés de San Miguel, Introducción, notas y versión paleográfica, UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, 2007. p. 143.

<sup>8</sup> Filón Hebreo, por León Hebreo, o Judah Abravanel (1460-1520).

<sup>9</sup> Celso Aurelio, escritor romano del siglo I, bajo el gobierno de Tiberio. Escribió un tratado enciclopédico titulado *Artes*, una de cuyas partes se titula *De medicina*, en 8 libros. *Diccionario enciclopédico Salvat...*, vol, 8, p. 106.

<sup>10</sup> Francisco Patricio, o Francesco Patrizzi (1529-1597). Filósofo italiano, conocido como Patricius. Escribió varias obras, como *Della Storia, Nova de Universis Philosophia*, etc. *Diccionario enciclopédico Salvat...*, vol, 10, p.231.

<sup>11</sup> Sic, por Marsilio Ficino (1433-1499). Filósofo, médico y sacerdote, protegido de Cosme de Mèdicis. Su obra principal es la *Theologia Platonica*. *Diccionario enciclopédico Salvat...*, vol, 6, p.699.

<sup>12</sup> Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.*, p. 143.

<sup>13</sup> Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.*, p. 144.

### La Geometría como producto filosófico de la razón

Sin embargo, no es así, debemos partir de una representación general que toda persona culta tiene de la Geometría. Y para ello como indica Dilthey: “Lo primero que debemos intentar es descubrir un contenido objetivo común en todos aquellos sistemas, a la vista de los cuales se forma la representación general” en este caso de la Geometría.

Desde la aparición de la Geometría, la humanidad la ha considerado como producto filosófico del espíritu -entiéndase al espíritu como razón- y, ha visto en ella la esencia misma de la Geometría. Ese producto son los de Platón y Aristóteles, Descartes y Kant. Si se repara en ellos, se hallará ciertos rasgos esenciales comunes, a pesar de todas las diferencias que presentan. Se encontrará en todos ellos una tendencia a la universalidad, una orientación hacia la totalidad de los objetos con una actitud intelectual, una actitud del pensamiento. Se ha designado, no sin razón, a Tales de Mileto (figura 1), como el creador de la Geometría occidental. En él se manifiesta claramente la expresa actitud teórica del espíritu griego. Su pensamiento se endereza a edificar la vida humana sobre la reflexión, sobre el saber.



Figura 1. Tales de Mileto. Fuente: [antecedentesdela fisica.blogspot.com](http://antecedentesdela fisica.blogspot.com)

El lenguaje de la Geometría definitivamente es un lenguaje simbólico que como expresión de la naturaleza no es ambiguo ni dudoso. Funciona como descripción de la realidad y las cosas que en ella ocurren estableciendo una íntima relación con los funcionamientos y el conocimiento de esa naturaleza y sus tres elementos principales: el sujeto (observador), la imagen (dibujo bidimensional) y el objeto tridimensional en el espacio (realidad) y que se va descubriendo con asombro por los signos y las líneas que se trazan<sup>14</sup> en el papel; que nos hablan y nos permite vislumbrar o comprender los movimientos de la materia y quizá el funcionamiento de nuestra propia mente. Pero esto no explica del por qué funciona la Geometría ni del por qué la realidad sigue el mismo camino que indica el trazado de una secuencia como sucesión (posiblemente infinita) de números y símbolos o formas geométricas ordenadas que siguen una cierta ley de formación; y por tanto, no se sabe por qué la realidad es geométrica.

El real objetivo de la Geometría es el conocimiento, no de algo que llega a ser esto o aquello en algún momento para dejar de serlo después; sino que es el conocimiento de aquello que existe moviéndose constantemente. La Geometría existe y ha existido al margen de la propia Geometría, por qué de algún modo se está en constante contacto con esta realidad espacial de una manera que no conocemos, pero que

---

<sup>14</sup> En castellano *traza* significa también huella.

no es una ciencia universal del ser. La Geometría no es únicamente un artificio o valor cultural sino que es lo más parecido a una especie o espacio viviente.

No se sabe por qué las leyes geométricas derivadas de las matemáticas tan profundas y precisas desempeñan una función tan importante en el comportamiento de la realidad física y del pensamiento humano. ¿Cómo es posible que formas u objetos geométricos delicadamente ordenados puedan confabular entidades mentales a partir de la sustancia material? En este sentido dice Palazuelo:

*... La raíz de la palabra “materia” (mat-mater-matrix) que indica que la materia prima o sustancia material es la matriz en que germinan las formas geométricas o se produce su encarnación (mar-mari-María). Se trata de una germinación misteriosa que, a partir de un momento dado, se hace aparente a través de la “medida” u orden. En sánscrito la palabra “matra” quiere decir medida (metro), siendo además el equivalente etimológico de materia. Esta medida es del dominio de la cantidad continua (una o uno). En el momento de la manifestación o aparición (fiat lux-génesis) la cantidad continua se hace discontinua...como vibración sonora, tiempo, espacio, línea, superficie, volumen.<sup>15</sup>*

Y es a partir de esta manifestación que conjuntamente se dan íntimamente como unidad la cantidad en tanto *medida* al convertirse en orden. En sánscrito, *orden* se dice “rita” (de la raíz *ri* que significa “fluir”) que implica la idea de ritmo. En consecuencia el binomio materia-medida (matra) se convierte así en sustancia material, como por ejemplo, los rayos proyectados desde un punto en el espacio realizan ese espacio. La experiencia de esta “materia-medida” (matra) es lo que Palazuelo define como una “geometría”, es decir, la realidad material, es el *Geos* (tierra o mundo que habitamos) y la medida es la *Metría*.

“No sin razón, los hombres primitivos, y otros no tan primitivos, consideraban *geómetras* a sus dioses. (“Con su rayo ha medido los límites del cielo y la tierra”, dice el *Rig Veda*).<sup>16</sup>

### **Definición esencial de Geometría**

Podemos definir ahora la esencia de la Geometría, diciendo: la Geometría es una reflexión de la razón sobre su proceder valorativo teórico y práctico, y a la vez una aspiración al conocimiento de las relaciones entre su materialidad y su dimensión, a una concepción racional de la realidad. Pero todavía se puede establecer una conexión que existe entre ellos: la relación de medio a fin. La reflexión sobre la realidad es el medio (objeto tridimensional) y el fin es el camino para llegar a una imagen de esa realidad (Geometría). Se puede decir de manera intuitiva que, en conclusión: *la Geometría es un intento de la razón humana para acceder a una concepción de la realidad mediante la reflexión sobre sus funciones valorativas teóricas y prácticas.*

Pero se puede completar este procedimiento inductivo con un procedimiento deductivo. Este consiste en situar la Geometría dentro de un sistema total de la cultura. Si se intenta definir, la posición de la Geometría en este sistema, se debe decir lo siguiente: la Geometría tiene dos caras, una mira al arte; la otra a la ciencia. Tiene de común con estos la dirección hacia el conjunto de la realidad; y con ésta, el carácter teórico.

---

<sup>15</sup> Bonell, Carmen, *La Geometría y la Vida: Antología de Palazuelo*, 2006, p.124. Amón/Palazuelo, *Op. cit.*, p.21.

<sup>16</sup> Bonell, Carmen, *Ibid.*, p.124. Amón/Palazuelo, *Op. cit.*, p.21.

### 1.1.1.2 De la Geometría y matemáticas en la antigüedad

En el período de la historia de la Grecia que se denomina “clásico” (siglo V a.C.) – término que procede de la arqueología y la historia del arte; se crearon nociones políticas y filosóficas fundamentales, que aún hoy sostienen las bases de nuestra cultura.

No es casualidad que en este período se asentaran los cánones de la estética clásica basada en las proporciones geométricas y matemáticas del hombre, las bases del pensamiento lógico y racional y los principios del método científico.

Conceptos geométricos: magnitud, medida y dimensión no son lo mismo, varían en pequeños detalles...

#### **Magnitud**

La primera dificultad –análoga pero más compleja que la que presentaba el concepto de recta- radica en la noción misma de *magnitud*, que Euclides usó pero de la cual jamás estableció una definición. Es curioso observar que Arquímedes en cambio lo evitaba y solo se refería a “rectas, superficies y sólidos”. La carencia de esta definición condujo a una discusión filosófica con importantes implicaciones matemáticas. El interrogante alrededor del cual se produjo dicha discusión es: ¿son infinitamente divisibles las magnitudes? <sup>17</sup> La magnitud es algo cuantificable, es decir, medible, ponderable (ya en el libro de la Sabiduría se dice: "Tú lo has regulado todo con medida, número y peso", Sab. XI-20). Las magnitudes pueden ser directamente apreciables por nuestros sentidos, como los tamaños y pesos de las cosas.

#### **Medida**

Medir implica realizar un experimento de cuantificación, normalmente con un instrumento especial, es relacionar una magnitud con otra u otras (de la misma especie o no) que se consideran patrones universalmente aceptados, estableciendo una comparación de igualdad, de orden y de número.

La incertidumbre es innata a la medida; puede ser disminuida pero nunca anulada. La elección de unidades ha sido siempre antropométrica al ser el hombre el sujeto que mide y según Protágoras, "El hombre es la medida de todas las cosas". Julius Panero en su introducción a las dimensiones humanas en los espacios interiores se refiere a Vitrubio mostrando que no sólo estaba interesado por las proporciones del cuerpo humano, sino también por sus implicaciones metrológicas”. Refiriéndose al diseño del templo griego el mismo Vitrubio dice: “Por otra parte, ellos obtuvieron de los miembros del cuerpo humano las *dimensiones* proporcionadas que necesariamente aparecen en todos los trabajos constructivos, el dedo o pulgada, el palmo, el pie, el codo.”<sup>18</sup>

El motivo original para elegir el grado sexagesimal como unidad de rotaciones- ya que la medida de los ángulos no se conocía aún como la conocemos, sin embargo es muy antiguo-, fue el dado por los babilonios ya que eran los que dividían la circunferencia en 360 partes iguales, y esta forma de dividir la circunferencia llegó a Europa gracias a los árabes en la época del califato Omeya, que ya habían tomado de los griegos.

---

<sup>17</sup> Carrera, Josep Pla I, *La geometría Euclides. Las matemáticas presumen de figura*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U. España, 2012, p.109.

<sup>18</sup> Nota Elvind Lorenzen., *Technical Studies in Ancient Metrology*, Nyt Nordisk Forlang Arnold Busk, Copenhagen, 1966, p.23.

Hiparco de Nicea (c. 190-120 a.C.) además de inventar la trigonometría parece haber sido el primero en explotar los conocimientos astronómicos babilonios y las técnicas de forma sistemática al introducir en las matemáticas griegas la división del círculo en 360 grados. A excepción de Timócaris y Aristillus, fue el primer griego conocido para dividir el círculo en 360 grados de 60 minutos de arco (Eratóstenes antes que él utilizó un simple sexagésimo sistema de división de un círculo en 60 partes iguales).

En la obra *Almagesto* Ptolomeo utiliza la palabra *mera*, que significa “parte o división”. Este vocablo fue traducido al árabe por *darágh*, y éste, a su vez, fue sustituido en el latín por *gradus* (gradas): de aquí el origen de la palabra “grado”. El uso del número sesenta como base para la *medición* de ángulos, coordenadas y *medidas* de tiempo se vincula también a la antigua astronomía y a la trigonometría. Era común medir el ángulo de elevación de un astro y la trigonometría utiliza triángulos rectángulos sobre todo.

La Geometría babilónica estaba íntimamente ligada a las *mediciones* prácticas. No había una diferencia esencial entre la partición de una cierta cantidad de dinero, de acuerdo a ciertas reglas, y la división de un terreno en partes de áreas iguales.

La Geometría no era una disciplina especial, sino que era tratada igualmente que a cualquier otra forma de relación numérica entre objetos de uso práctico. Los geómetras babilónicos tenían conocimientos básicos de trigonometría. Estaban familiarizados con el teorema de Pitágoras y el de Tales de Mileto y comprendían bien sus principios generales. En cuanto al álgebra, resolvieron ecuaciones sencillas con aplicación geométrica.

### De la Geometría en el antiguo Egipto.<sup>19</sup>

La Geometría es quizás la aplicación más importante de la matemática egipcia, debido a la necesidad de los agrimensores o “tensadores de cuerda”, como los llamó Heródoto. Después de ver las grandes construcciones que llevaron a cabo los egipcios deberíamos esperar una Geometría muy avanzada. Pero desgraciadamente no es así, y las únicas fuentes que podemos analizar se remonta a la época del escriba egipcio Ahmes, en el año 1800 a. C. Fue descrito en el papiro de Rhind, uno de los ocho únicos documentos matemáticos hallados de la antigua cultura egipcia (figura 2) y el papiro de Moscú. Con los datos que tenemos en estos 2 papiros no descubrimos aspectos especiales de la Geometría y lo único que nos aportan son algunos datos para el cálculo de áreas y volúmenes de figuras geométricas muy básicas.



Figura 2. Detalle del papiro de Ahmes o de Rhind. Fuente: José Antonio de la Peña. Colegio Nacional.

<sup>19</sup> Fuente: <http://www.egiptología.org/ciencia/matematicas/>

### Métodos geométricos egipcios

El mismo faraón jugaba un papel importante en la planificación y ejecución simbólica de una estructura. En un mural, Tutmés III aparece celebrando la ceremonia del trazado del perímetro sacro de un santuario mediante la “fijación de las estacas” y la “tensión de la cuerda”. El procedimiento consistía en estirar una red a lo largo del eje y después extenderla para determinar los puntos básicos del edificio.

Para formar un ángulo recto, por ejemplo, los “tensadores de cuerda” egipcios utilizaban una cuerda con doce intervalos que se enrollaba en torno a tres estacas en las unidades 3, 4 y 5. (figura 3)<sup>20</sup>

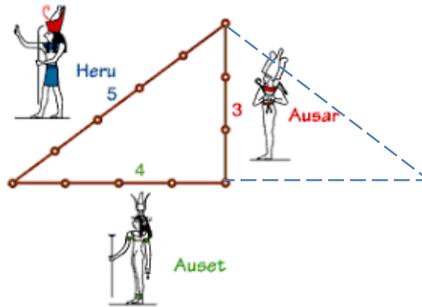


Figura 3. Replanteo de una construcción con cordel de 12 nudos y estacas.

Se han encontrado bocetos dibujados sobre los muros de una cantera. En el pilono o pilón del templo (Puerta monumental situada en la entrada de los templos egipcios.) de Khonsu en Karnak hay un bajo relieve que muy bien podría considerarse como uno de los primeros planos de proyección geométrica que se conocen.

Los dibujos del techo de la sala hipóstila de Edfú (figura 4) y otros lugares nos indican cómo se diseñaban las columnas que utilizaba Geometría, con un complejo conjunto de proporciones que empleaba el codo en conjunción con una serie de fracciones en progresión geométrica. Los egipcios tenían un codo más pequeño, de seis “anchos de mano” y uno más grande. El codo real, de siete anchos de mano (figura 5). La “mano” egipcia estaba formada por cuatro “dedos” o “dígitos”. Existía otra medida, el “puño” igual a un ancho de mano más un tercio- que usaban los maestros constructores y los artesanos egipcios para definir las cuadrículas con las que generaban las proporciones de su estatura real. Por ejemplo, a una columna de nueve codos de alto, el arquitecto añadía  $1/4 + 1/8 + 1/16$ , en donde cada fracción simboliza una parte diferente del ojo de Horus. A diferencia de las premisas griegas y helenísticas posteriores, las matemáticas egipcias estaban conectadas con la fisiología del cuerpo. Se consideraba que el ojo era una unidad cuyas partes *median* una fracción. Esta “unidad” recibió el nombre de Hequat, una diosa. A base de “saltos de pídula”, como de rana iban conduciendo por *aproximaciones* sucesivas a la respuesta deseada. En el antiguo Egipto, la arquitectura no podía concebirse sino al servicio de la religión. Los arquitectos adquirían sus conocimientos en las «casas de vida», escuelas adscritas a los templos y centros culturales que dictaban las normas a seguir en todas las disciplinas. Ello explica que los arquitectos ostentasen títulos religiosos, a menudo más importantes que el de su actividad constructiva.

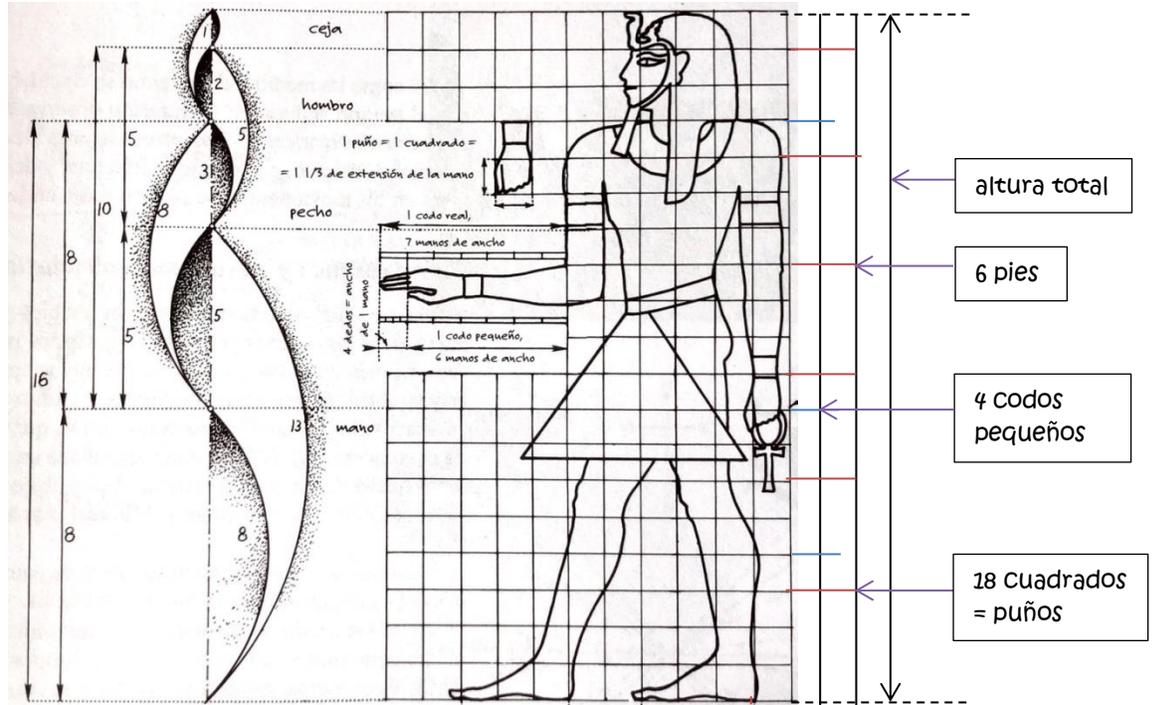
<sup>20</sup> Ching, Francis D.K. *Una historia universal de la arquitectura*, Vol. 1. Editorial Gustavo Gili, España, 2011, p.63.



Figura 4. Techo de la sala hipóstila de Edfú. Fuente: De User:MatthiasKabel - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10090480>

**Relación de fracciones con los sentidos:**

1/2: olfato, 1/4: vista, 1/8: pensamiento, 1/16: oído; 1/32: gusto, 1/64: tacto



Las medidas del largo principal se aproximan a las proporciones del crecimiento orgánico y de las armonías fundamentales de la música.

1:2  
 5:10  
 8:16  
 } = 0.5 diapasón-octava

2/3 = 0.666  
 3:5 = 0.6  
 5:8 = 0.625  
 8:13 = 0.615  
 } + / - 0.618 diapente-quinta

1 pie = 2/3 de codo pequeño = 3 Cuadrados

Figura 5. Medidas y proporciones egipcias. Cada cuadrícula es un puño, que corresponde a un tercio de un pie. Doczi, György, "El poder de los límites. Proporciones armónicas en la naturaleza, el arte y la arquitectura.", Editorial Troquel, Buenos Aires, 1996, p. 37. Los patrones eternos de la participación.

En primer lugar hay que tener en cuenta que hasta la llegada de los griegos, al igual que en Babilonia, no existía una división entre la Geometría y la aritmética, o la matemática en general, y todas las ramas se englobaban dentro de una misma, limitándose a aplicar la aritmética al cálculo de áreas, volúmenes y algún otro problema geométrico. A pesar de que, según Heródoto, *la geometría se desarrolló ante la necesidad de recalculer las lindes tras la inundación del Nilo*, no parece que sea así. Indudablemente ésta era una de las aplicaciones más importantes pero desde luego no la única. Los babilonios por ejemplo tenían una Geometría muy similar a la desarrollada en Egipto y sin embargo no tenían esa necesidad de agrimensura.

### Construcción de Stonehenge, hacia 2500 a.C.<sup>21</sup>

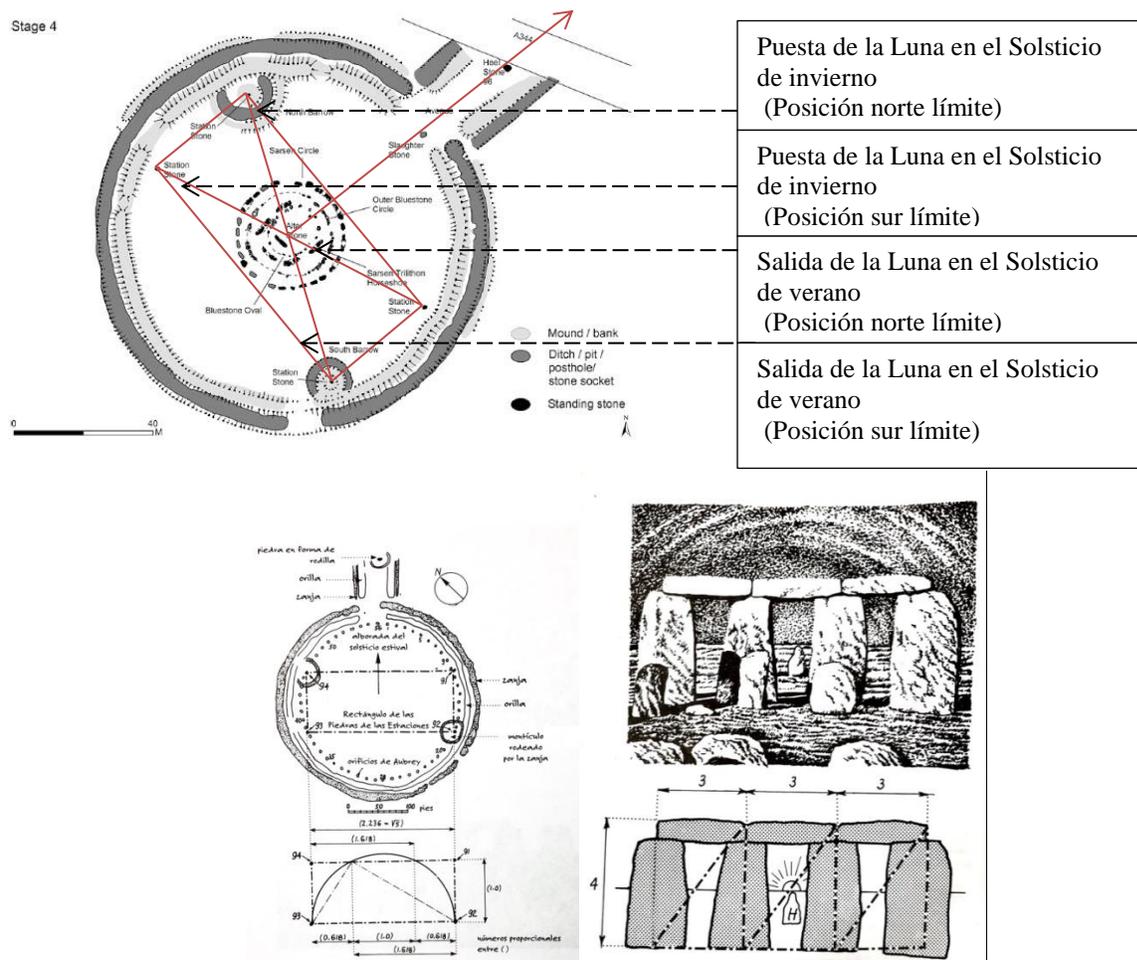


Figura 6. Plano de Stonehenge, con las proporciones del rectángulo de piedras de las estaciones proyectadas, que muestran su aproximación al rectángulo de raíz de 5. Fuente: *National Geographic*. Arcos paganos que encuadran la piedra en forma de rodilla (H), en cuya parte superior aparece el disco del Sol el primer día de verano. Las proporciones de los arcos son triángulos de 3-4-5. Doczi, György, *“El poder de los límites. Proporciones armónicas en la naturaleza, el arte y la arquitectura.”*, Editorial Troquel, Buenos Aires, 1996, p. 40. Los patrones eternos de la participación.

<sup>21</sup> Ching, Francis D.K. *Op. cit.*, p.48.

La investigación arqueológica y astronómica ha establecido que los megalitos construidos por todo el norte de Europa que datan de unos 3,500 años eran calendarios y computadoras gigantes que medían las estaciones con precisión<sup>22</sup>. El más famoso es el de Stonehenge en la llanura de Salisbury en Inglaterra. La precisión con que se realizaron estos trazos es notable (figura 6). Una vez colocados en su posición las jambas del trilito, la parte superior de los dinteles nunca distaban más de diez centímetros de la horizontal. Si se observa en un plano del monumento, veremos que el disco del Sol nace entre dos indicadores adyacentes de piedras altas, llamadas *paganas* o *druidas*, directamente encima de lo que se denomina *Piedra rodilla*. Las proyecciones horizontales (direcciones acimutales) del orto y ocaso del Sol y la Luna en los solsticios invernal y estival, establecidas con instrumentos científicos modernos, corroboran la exactitud astronómica. La arquitectura de este monumento comparte las proporciones de la sección áurea y del triángulo pitagórico.

### Medida de la tierra<sup>23</sup>

Si el origen del término Geometría es la *medida de la tierra*, ¿cuándo, cómo y quién midió la tierra?

La idea se le ocurrió por primera vez a Eratóstenes de Cirene, (figura 7) matemático griego (Cirene c. 284 – Alejandría c. 192 a.C.) que consiguió medir el perímetro terrestre 200 años antes de nuestra era con una gran aproximación el cual fue de 39,614Km. Hoy en día se sabe que es de 40,008Km, gracias a las nuevas tecnologías de cómputo.

¿Cómo lo consiguió? ¿Cómo Eratóstenes midió la circunferencia de la tierra hace 2 mil años, sin la tecnología que hoy se tiene?



Figura 7. Eratóstenes

Fuente: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/eratostenes.htm>

La observación de Eratóstenes confirmaba algo que otros griegos ya sospechaban: que la tierra era redonda, pero lo que no sabían era de qué tamaño era la esfera. Eratóstenes conocía el hecho de que en la ciudad de Siene o Siena en Egipto (actualmente Assuan) el día que comienza el solsticio de verano<sup>24</sup> a

<sup>22</sup> Hawkins, Gerald S, *Stonehenge Decoded*, Dell Publishing, Delta Books, Nueva York, 1966.

Hadingham, Evan, *Circles and Standing Stones*, Doubleday Anchor, Nueva York, 1975.

<sup>23</sup> Texto extraído parte del artículo de: Anthony Abreu Mora. "*Medida de la tierra*.", 2017.

<sup>24</sup> El solsticio de verano es el día más largo del año y es producido por la inclinación del eje de la tierra. En el solsticio de verano del hemisferio Norte el Sol alcanza el cenit al mediodía sobre el Trópico de Cáncer, es decir, que en los lugares situados allí, el 21 de junio los rayos del sol caen verticalmente sobre la tierra, y por supuesto como esta es redonda, en los demás lugares caen inclinadamente. La ciudad de Siena está ubicada muy cerca de la línea del trópico de cáncer.

mediodía, los objetos no proyectaban sombra alguna porque los rayos del sol caían perpendicularmente (figura 8). La leyenda habla de un pozo cuyas aguas eran iluminadas al mediodía de este día.

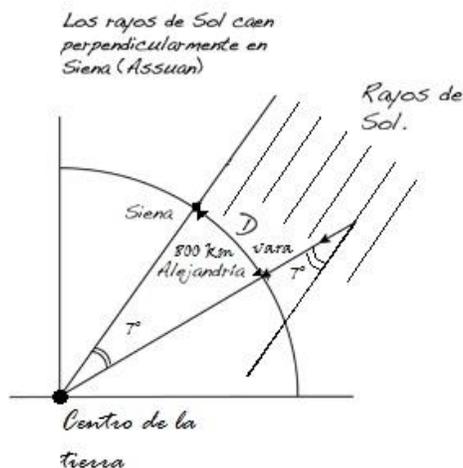


Figura 8. Esquema que describe el razonamiento de Eratóstenes. Fuente: *Matematica3cerpsw.wordpress.com*

Eratóstenes, el día 21 de junio al medio día en Alejandría tomó un palo y midió el ángulo de la sombra que se proyectaba sobre este y anotó que era una cincuentava (1/50) parte de un círculo (en aquellos tiempos no existían las nociones de grados). La 50ava parte de un círculo (360 grados) equivale a 7.2 grados.

Se procedió a determinar la diferencia de latitud entre las dos ciudades, ángulo que se calcula empleando dos instrumentos semiesféricos, llamados escafos, en el centro de cada uno de los cuales había una estaca llamada estilo o gnomon.<sup>25</sup>

La figura de tal instrumento (gnomon) es el de una escuadra<sup>26</sup> o cartabón<sup>27</sup> constituido por dos rectas, la horizontal o la del nivel, *amuso* o losa de mármol y la vertical por el perpendicular o varilla, teniendo como fundamento la formación de un ángulo recto. Como herramienta y en la práctica, servía para diseñar instrumentos, con los cuales se definía la ubicación del sol, determinando la dirección de vientos, medición del tiempo y efectuar los trazos para la división y limitación de un asentamiento, y en particular, de la sombra.

<sup>25</sup> La noción que del *gnomon* tenían los geómetras griegos es la de un demostrador de sombras que producía un objeto vertical (estilo de metal, [Vitruvio, Polio, Marcos, Los diez libros de la arquitectura. Según la traducción castellana de Lázaro de Velasco. Estudio y transcripción de Francisco Javier Pizarro y Pilar Mogollón Cano Cortés, Cáceres, España. Cicon, Ediciones, 1999. Fol. 16v. y 17r.] o el de una aguja de bronce o de hierro) llamado también *scothiras* o bien *gnomo* [M. Vitruvio Pollion, De Architectura, facsímil de la versión de Miguel de Vvrea, impresso en Alcalá de Henares por Iuan Gracian, 1582, Valencia, España, Albatros Ediciones. 1978. Colección Juan de Herrera, dirigida por Luis Cervera Vera. F 16v.] Diego López de Arenas lo denomina *nemón*. Academia XXII. Revista arbitrada del Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado. FA. UNAM. Primera época. Volumen I. tomo 1. Número 0. febrero 2010. Geometría y mudéjar. Geometría aplicada al número 8. Leonardo Icaza Lomelí.

<sup>26</sup> Plinio atribuye a Teodoro Samio, arquitecto del templo de Juno, en Samos, la invención de la escuadra. Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.*, p. 139.

<sup>27</sup> Todo cartabón es un triángulo rectángulo. Cola del cartabón se llama al cateto mayor y cabeza del cartabón al cateto menor. El cartabón cuadrado o cartabón de cuatro, por ser un triángulo rectángulo isósceles, la cabeza y la cola miden lo mismo y sus ángulos agudos valen 45° cada uno. Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.* p. 220 y 221.

El astrónomo griego Cleómedes en su obra “sobre el movimiento de los cuerpos celestes” que es la principal fuente original a través de la cual se conoce de los descubrimiento de Eratóstenes, solo dice que este utilizó un gnomon, que es un palo o estilete vertical que proyecta su sombra sobre una superficie horizontal, pero no dice cómo midió la sombra que se proyectaba.

En el afán por resolver este misterio, se descubrió o redescubrió una técnica sencilla pero olvidada, utilizando simplemente un compás (figura 9). Simplemente Eratóstenes trazaría a escala en un plano (o en un papiro) la medida de la vara y de la sombra en el suelo y le trazaría la hipotenusa, luego voltearía el plano para comodidad por supuesto, quedando el lado opuesto a la hipotenusa (o la medida a escala del gnomon) (figura 10) como una recta horizontal e interpondría un compás con un lado en el vértice que se forma entre la hipotenusa y la medida del gnomon y trazaría un círculo alrededor. Luego en el punto en el que la hipotenusa intersecta con la circunferencia se coloca un lado del compás y el otro lado del compás se coloca más abajo en el punto en donde la circunferencia trazada toca con la recta horizontal. Se deja el compás con esa misma *medida* y se empieza a *medir* sobre la circunferencia cuantas partes de ella equivalen. Pero Eratóstenes tampoco tuvo que haber utilizado un compás (*circinum*), necesariamente; cualquier vertical que gire sobre su propio eje, formará un círculo perfecto.



Figura 9. *Compases* de la época greco-romana guardados en el museo británico. Fuente: *Google*.

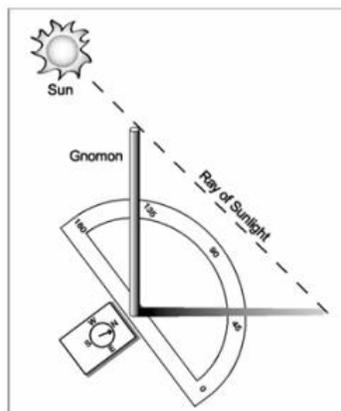


Figura 10. Simple *gnomon* que utilizaría Eratóstenes. Fuente: *Google*.

## La formación de los ciudadanos griegos

La importancia que se otorgó a la educación en la Grecia clásica resultó clave para el florecimiento de esa civilización. Para los griegos ilustrados de la época clásica, la educación consistía en un proceso global por el que el individuo asimilaba una serie de principios, destrezas y conocimientos con el fin de servir a su comunidad de forma útil y virtuosa posible.

La educación ofrecía un doble carácter; espiritual por un lado y corporal por el otro. No existía, por tanto, separación entre ambos aspectos. A la edad de siete años los niños entraban en la escuela propiamente dicha (*didaskaleîon*), que no era un instituto del Estado sino un establecimiento privado sostenido con los pagos que los padres hacían a los maestros. Los educadores no necesitaban una autorización con base a ningún requerimiento de competencia, aunque en Atenas existía la figura de *paidónomo*, un encargado oficial que velaba por la observancia de la moralidad y las costumbres en las escuelas. Y aunque la enseñanza no era obligatoria, las autoridades podían reconvenir al padre que, contando con los medios suficientes, no procuraba a sus hijos la instrucción necesaria.

En el *didaskaleîon* los niños aprendían a leer y escribir correctamente. La introducción en matemáticas y Geometría eran también materias básicas. La labor de la música en la *paideia* era esencial, así como los coros y las danzas, ya que contenían *symmetria*, *proporción* y belleza. Tal como proclamaba la escuela pitagórica, la música guardaba una relación intrínseca con la Geometría, también considerada fundamental y basada igualmente en las *medidas* y en la correcta relación entre las partes y el todo.

Finalizada la enseñanza ordinaria de la cual era parte la Geometría, los jóvenes ciudadanos con pretensiones más elevadas ingresaban en las escuelas de los retóricos, de los filósofos o de los sofistas. La escuela de Isócrates, la Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles serían los tres centros prestigiosos para la enseñanza de tipo superior.

Los métodos de enseñanza se basaba en lecciones magistrales y en la memorización sistemática de los contenidos básicos por parte de los discentes. Respecto a las disciplinas impartidas, la Geometría constituía una de las materias fundamentales en la enseñanza de los jóvenes, ya que se entendía que únicamente mediante el estudio de las propiedades y las *medidas* de las figuras los discentes podían comprender el cosmos. Mediante la Geometría, el discente accedía al amplio concepto de la *symmetria*. De hecho, la Academia de Platón, donde se impartía filosofía, astronomía, biología, matemáticas y teoría política, lucía una inscripción en su frontispicio con la leyenda que decía algo así como: **“Aquí no entre nadie que no sepa o ignore la Geometría”**.

Los materiales escolares eran unas tablillas de cera y eran el material básico de las escuelas, ya que los discentes podían escribir y borrar su superficie cuando era necesario. Por otra parte, el equipamiento era muy sencillo: los asientos, por ejemplo, eran duros y sin respaldo. (figura 11)

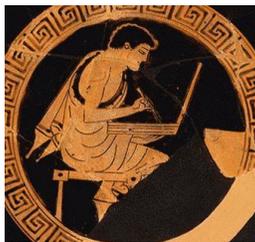


Figura 11. Fuente: Google. Kylix de figura roja que muestra un profesor de la Antigua Grecia. Podemos observar el asiento y las tablillas de cera.

### Grecia clásica: el período geométrico

Se puede observar el desarrollo de la forma del templo, partiendo de una cella alargada rodeada de columnas cuyas proporciones guardan una relación 5:1. De una costumbre griega de orientar en un 80% sus templos al oeste y más específicamente hacia la salida del sol. De esta costumbre surge el término “orientación”, aplicado inicialmente a la dirección del eje del templo (oriente).

Fueron arquitectos egipcios y babilonios quienes construyeron templos, tumbas y pirámides claramente geométricos, y los primeros navegantes del mediterráneo usaban técnicas geométricas básicas para orientarse (arte cosmógrafo). Estas civilizaciones hacían un uso práctico de los números sin tener claro el concepto de número ni de las teorías matemáticas, y usaban las propiedades prácticas de las líneas, ángulos, triángulos, círculos y otras figuras sin usar un estudio matemático detallado.

Estos conocimientos pasaron a los griegos y fue Tales de Mileto quien inició la Geometría demostrativa. Las propiedades se demuestran por medio de razonamientos y no porque resulten en la práctica. Las demostraciones pasan a ser fundamentales y son la base de la lógica como leyes del razonamiento en el siglo VI a.C., fue quien dio comienzo a la Geometría griega como una disciplina matemática, la *primera* disciplina matemática.

La palabra *matemata* de origen pitagórico, significa: **lo que se puede aprender...**, y una de esas matemáticas es la Geometría parte de la base de la escuela pitagórica del siglo V a.C. Arquitas de Tarento destacado pitagórico, dijo según él, que la “matemática sería la suma de cuatro matemáticas: aritmética, música, astronomía y *Geometría*”.

Con la fundación de la escuela místico-filosófica de Pitágoras de Samos (569-475 a.C.) se profundiza la Geometría y se origina la aritmética entendida como arte deductiva y así se fija la distinción entre la *logística* o “arte práctico de los números” (en el que se incluía a la Geometría comprendida como **arte de medir** y la *aritmética* como la “teoría de los números”.

En el desarrollo de la matemática griega –principalmente en Geometría- hay un antes y un después de la obra de los *Elementos* de Euclides.

A continuación se ofrecen unas líneas y una síntesis con lo que contribuye cada autor escrito por Proclo de Licea;

*... Puesto que tenemos que considerar el comienzo de las ciencias y de las artes en el periodo actual, diremos que muchos autores creen que la geometría, que nació de la medida de los campos, la inventaron los egipcios [...], Del mismo modo que el conocimiento exacto de los números tuvo su origen en los fenicios a causa de su comercio y de sus transacciones. Tales de Mileto fue el primero que importó de Egipto a la Hélade esta teoría [...], Tras ellos, Hipócrates de Quíos descubrió la cuadratura de las lúnulas y Teodoro de Cirene [...], Platón [...] dio un gran impulso a la matemática en general, y a la geometría en particular [...] muy amigo de los alumnos de Platón fue Eudoxo de Cnido [...]*

El texto está fuertemente influenciado por la *Historia de la Geometría* (perdido el texto original) de Eudemo de Rodas (ca. 350-290 a.C.), considerado el primer historiador de la ciencia y por el neoplatonismo del autor. A esta lista faltan los nombres de los astrónomos que siguieron las huellas de Eudoxo, asimismo, no hay referencia alguna a los aristotélicos, incluida la figura del propio filósofo.

También faltan:

- Aristeo “el viejo” probablemente el padre del estudio de las cónicas y los *lugares*.
- Hipaso de Metaponte o Filolao.
- Los sofistas: Antifón, Brisón e Hipias de Elis.

- Los atomistas: Parménides, Zenón o Demócrito.
- Autólico de Pitane.
- Ningún estudioso de la aritmética.

En los casos de Tales y Pitágoras, las aportaciones son las que les atribuyen diversos autores; en el caso de Hipócrates es la que ofrece el romano Simplicio, remitiendo a la información de Eudeno en la *Historia de la Geometría*.

### Matemáticos que, según Proclo de Licea, precedieron a Euclides<sup>28</sup>

Era a.C.	Matemático	Aportación
625 - 547	Tales de Mileto	Fue el primero que importó esta teoría de Egipto a la Hélade. Descubrió algunas cosas en general, y otras, de una forma más sensible, una parte importante de las cuales dio a conocer a sus sucesores.
569 - 475	Pitágoras de Samos	Transformó la doctrina en una enseñanza. Examinó los principios de la geometría desde arriba. Investigó los teoremas de una forma inmaterial e intelectual y descubrió la dificultad de los números irracionales y la construcción de las figuras cósmicas.
c. 450	Oenópides de Quíos	Geómetra teórico y metodológico, introdujo la distinción entre <i>teoremas</i> y <i>problemas</i> , y dio la solución canónica de que las construcciones geométricas deben utilizar ningún otro medio o instrumentos que no sean: una regla y compás.
470 - 410	Hipócrates de Quíos	Descubrió la cuadratura de las lúnulas, esto es, la cuadratura mediante regla y compás de una lúnula de características muy específicas y que es una solución parcial de la tarea "cuadratura del círculo". Compuso unos <i>Elementos</i> . Usó –por generalización- el principio de reducción en el caso de la duplicación del cubo.
465 - 398	Teodoro de Cirene	Famoso como geómetra.
427 - 347	Platón	Dio un gran impulso a la matemática en general y a la geometría en particular. Sus consideraciones matemáticas suscitaron una gran admiración en todos los filósofos del momento.
430 - 360	Arquitas de Tarento	Contemporáneos de Platón. Teeteto fue el primero en explicarle a Leodamas el método de resolución de problemas mediante el análisis. Por ellos se aumentaron los teoremas de la geometría y son elevados en conjunto unitario con apariencia o aspecto científico.
417 - 369	Teeteto de Atenas	
c. 380	Leodamas de Tasos	
	León	Elaboró unos <i>Elementos</i> más precisos y descubrió los diorismos que permiten saber cuándo un problema es posible o imposible.
c. 390 - 337	Eudoxo de Cnido	Amplió el número de los teoremas generales [...] y muchas de las cuestiones sobre la sección, por medio del análisis que había iniciado Platón.
c. 390 - 320	Dinóstrato	Hermano de Menecmo. Contribuyó a la solución del problema de la cuadratura del círculo, empleando la trisectriz de Hippias, que más tarde sería conocida como cuadratriz después de su solución.
c. 380 - 320	Menecmo	Alumno de Platón y Eudoxo de Cnido. Estudió las secciones cónicas, por eso estas curvas llevaron el nombre de curvas de Menecmo. Trató de resolver el problema de la duplicación del cubo, utilizando la parábola y la hipérbola.
	Filipo de Mende	Investigó siguiendo las indicaciones de Platón. Con él se alcanzó la madurez de la geometría.

<sup>28</sup> Pla I, Carrera Josep, *La Geometría Euclides Las matemáticas presumen de figura*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U., 2012. p. 32-33.

## Euclides de Alejandría

Hablar de Geometría y aritmética griegas es hablar de Euclides de Alejandría. (325-265 a.) (figura 12)

En la época en que Euclides estaba en su apogeo, el terreno de la Geometría se encontraba desierto o abandonado y propicio para para que la Geometría griega alcanzara su esplendor y así lo pone de manifiesto el que, en esa misma época, aportaran Arquímedes (figura 13) y Apolonio, por esta razón Euclides es considerado como el “padre de la Geometría”.



Figura 12. Pintura del pintor flamenco Justus van Gent “ *Euclides de Megara* ” (1474), cuando en realidad está representando a Euclides de Alejandría: Museo Galleria Nazionale delle Marche de Urbino. Fuente: <http://www.alamy.com>



Figura 13. Arquímedes, el padre de la notación científica Fuente: [http://www.wikiwand.com/es/Notaci3n\\_cientifica](http://www.wikiwand.com/es/Notaci3n_cientifica) y <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/euclides.htm>

La obra maestra de Euclides *Elementos* (figura 14) es uno de los libros fundamentales de nuestra cultura. El objetivo de Euclides al escribirlo era doble. Primeramente, quería compilar todos los resultados de matemáticas conocidos en su época, es decir, crear una especie de enciclopedia que pudiera utilizarse como libro de texto en la *enseñanza* de la Geometría. Y por último, pretendió presentar una manera de demostrar y comprobar resultados, construyendo una teoría matemática, con axiomas, postulados, definiciones y reglas de deducción.

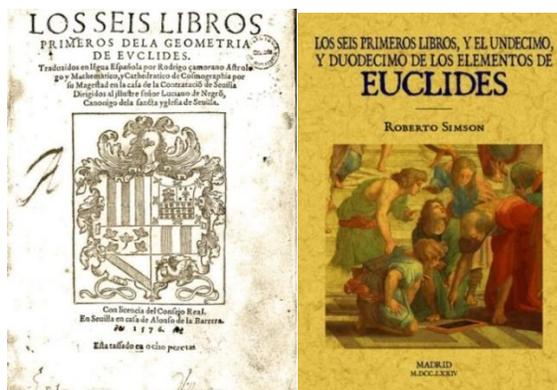


Figura 14. Portadas de los textos *Elementos* de Euclides 1576 y 1774.  
*La antigua Biblos y bbc.com* Fuente: *Google*.

Al analizar *Elementos* y con ello tres siglos de pensamiento y de epistemología de la matemática griega que en ellos se recogen, nos damos cuenta que la primera y más importante influencia de la obra de Euclides procede de las escuelas Platónica y Aristotélica, de cuyo pensamiento matemático, *Elementos* puede considerarse la síntesis, sin que por esto se deba ignorar también la influencia de la Academia en cuanto a las contribuciones geométricas concretas ya sean de Teeteto (417-369 a.C.) centradas en los números irracionales, incluidas en el libro X de *Elementos*, de Teodoro de Cirene (465-398 a.C.) o de Eudoxio de Cnido (390-337 a.C.) o en el desarrollo de los sólidos platónicos que cierra la obra.

Para el desarrollo del texto euclídeo es necesario saber de su necesidad epistemológica y metodológica. La obra matemática atribuida a Euclides pone de manifiesto un plan matemático docente geométrico donde las tres primeras son de corte elemental (datos, división de las figuras y falsos razonamientos o falacias) y las tres últimas son de corte superior o más difícil (lugares de superficies, porismas –ilícito no permitido-) o aquellos resultados que no se encuentran en los teoremas y secciones cónicas.

En realidad este libro es un manual de aprendizaje que cubre la Geometría plana elemental.

Proclo de Licea (410–485) refiere del texto de los *Falsos razonamientos* como una obra que tiene por objeto la purificación y el ejercicio de la inteligencia, mientras que *Elementos* es una línea segura de explicación incontestable de las cosas geométricas.

El libro *Elementos* de Euclides, del 350 a. C. es el primer tratado escrito de Geometría donde recopila, ordena y sistematiza todos los conocimientos de Geometría hasta su época y, salvo algunas pequeñas variaciones, son los mismos conocimientos que se siguen enseñando en nuestros días, en consecuencia, de técnica se convierte en ciencia. Para Euclides y para muchas generaciones de matemáticos siguientes, la Geometría era el estudio de las formas regulares que se podían observar en el mundo. Actualmente, a ese estudio se le denomina Geometría Euclídea o Geometría métrica.

Arquímedes y Apolonio también fueron figuras importantes en la Geometría del mundo antiguo.

Por tanto, los *Elementos* no son la obra matemática definitiva, sino un producto cultural que recoge y plasma los conocimientos de una época cuyos orígenes se haya en diferentes culturas, se podría decir, que donde existe cultura, existe Geometría. Tanto es así que un pueblo o una cultura pueden ser fácilmente identificados mediante un diseño geométrico. La simetría constituye un paradigma universal de expresión cultural desde la prehistoria hasta la actualidad.

## Geometría demostrativa primitiva

El tipo de Geometría empírica, que floreció en el Antiguo Egipto, Sumeria y Babilonia, fue refinado y sistematizado por los griegos.

En el siglo VI a.C. el matemático Pitágoras colocó la piedra angular de la Geometría científica al demostrar que las diversas leyes arbitrarias e inconexas de la Geometría empírica se pueden deducir como conclusiones lógicas de un número limitado de axiomas, o postulados. Estos postulados fueron considerados por Pitágoras y sus discípulos como verdades evidentes; sin embargo, en el pensamiento matemático moderno se consideran como un conjunto de supuestos útiles pero arbitrarios.

La Geometría demostrativa de los griegos, que se ocupaba de polígonos y círculos y de sus correspondientes figuras tridimensionales, fue mostrada rigurosamente por el matemático griego Euclides, en su libro *Elementos*.

Los juicios geométricos son eternos y apriorísticos y corresponden a una realidad sin tiempo y que no cambia. Platón subraya que:

*...los razonamientos que hacemos en geometría no se refieren a las figuras concretas que dibujamos sino a las ideas absolutas que ellas representan.* (República, 510d-510e).

## Primeros problemas geométricos

Los griegos introdujeron los problemas de construcción, en los que cierta línea o figura debe ser construida utilizando los conocimientos teóricos junto con la habilidad y facilidad en el manejo del compás (*circinum*), la regla (*regula*) de borde recto o la escuadra (*norma*) como básicos para resolver dichos problemas. Tres famosos problemas de construcción que datan de la época griega se resistieron al esfuerzo de muchas generaciones de matemáticos que intentaron resolverlos:

1. La duplicación del cubo (construir un cubo de volumen doble al de un determinado cubo)
2. La cuadratura del círculo (construir un cuadrado con área igual a un círculo determinado)
3. La trisección del ángulo (dividir un ángulo dado que no sea recto en tres partes iguales)

Ninguna de estas construcciones es posible con la regla y el compás.

Una de las aportaciones de la Geometría en la arquitectura griega fue sin duda el desarrollo de los capiteles. El capitel del orden Jónico (figura 15) consistía en dos grandes espirales que brotaban hacia arriba y hacia afuera del fuste, como si el extremo de una vara flexible se hendiera en dos mitades y cada una de ellas se inclinara hacia fuera, formando una espiral.

El orden Jónico fue codificado aún más hacia el año 150 a.C., por el arquitecto Hermógenes de Priene, quien calculó una serie de proporciones ideales que influirían en los escritos de Vitrubio un siglo después.

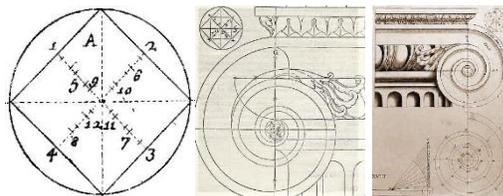


Figura 15. El dibujo ilustra el sistema utilizado por los arquitectos antiguos para trazar una voluta: trazaban geoméricamente la línea de la curvatura con base a los puntos obtenidos de los cuadrados inscritos en una circunferencia. Eran cuadrados de proporciones especiales, que recibían el nombre de cuadrados “platónicos”. Desarrollo de la Voluta Jónica. *Olimpia Erecteion*.

Fuente: [Regola delli cinque ordini d'architettura]. Tratado de Giacomo Barozzi da Vignola (1507-1573), editado en Venecia en 1562. Es el tratado de arquitectura más conocido y afortunado del siglo XVI

### 1.1.1.3 De la Geometría en la Edad Media

“...esta habilidad que el arquitecto tiene para el dibujo le capacita para representar al objeto deseado..., pero los problemas difíciles de diseño se resuelven por medio de reglas y métodos geométricos”

Marco Vitruvio Polión (Siglo I a.C.)

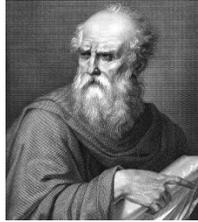


Figura 16. Marco Vitruvio Polión

Fuente: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/v/vitruvio.htm>

La Geometría arte liberal para hombres libres que en la Alta Edad Media (c.790) formó parte del Cuadrivium Pitagórico como base preliminar del conocimiento científico, es una de las cuatro “matemas” que permitieron explicar *el orden y la armonía del universo*, según Arquitas de Tarento. Ciencia ineludible del supremo conocimiento dialéctico del bien, la belleza y la justicia.

La sociedad medieval reglamentaba dentro de los gremios el *aprendizaje* de la construcción para la formación de sus artesanos, realizándola bajo la *enseñanza* y vigilancia de los más experimentados. Las categorías de aprendiz, oficial y maestro –conservadas en México- son de origen medieval. Y exclusivamente se les examinaba en aspectos prácticos (habilidad técnica de realización) y no a la preparación intelectual.

En esta época se considerará los textos de arquitectura de Vitruvio<sup>29</sup> (figura 16) donde los contenidos del libro I en su Capítulo primero (la arquitectura y los arquitectos) influyeron durante la Edad Media sobre la manera de comprender la arquitectura -tanto a nivel conceptual como operativo- y con ella, sobre una particular visión de la cultura. El libro I trata de la formación del arquitecto, que desde sus primeras páginas, el autor fija unos límites más o menos claros en los que inscribe los objetos de su saber: “Conviene” que sea instruido, hábil en el dibujo y *competente* en Geometría. Aunque cabe mencionar que el conocimiento de esta ciencia, de ninguna manera se consideraba indispensable para el Arquitecto, durante la Edad Media.

Las formas geométricas básicas pasan a ser fundamentos y la Geometría se convierte en el lenguaje de la humanidad, que por su parte crea el orden a través de la misma, junto a la *medida*, con la cual establece una armonía entre las obras del hombre y el universo.

Se centra la atención en la epistemología medieval, a nuestro entender, pasada por alto en teorías como la de Kerrich sobre el “vesica piscis” (aliento del misericordioso) y que su patrón servirá como modelo en el análisis y utilización del ocho como número y el octagrama como Geometría solo por mencionar una; todas ellas vigentes hasta la fecha, y para no extendernos tanto, en la decadencia del imperio romano y luego durante la Edad Media, coexisten dos saberes matemáticos independientes, el de los hombres de estudio, eruditos (de nivel teórico, *tó men logikón*) compuesta por Geometría y aritmética y la

<sup>29</sup> En “*los diez libros de Arquitectura de Vitruvio*” publicado por Imprenta Juvenil, 1985 con traducción de Agustín Blánquez, Barcelona y de Editorial Iberia, Barcelona, 1970. Colección Obras Maestras. Edición español de Agustín Blánquez.

manual de los artesanos (de nivel práctico, *tó de cheirourgikón*): dos líneas separadas, el arquitecto según el modelo vitruviano y que ejercerán en su momento influencia sobre la arquitectura.

A través de Boecio Anicio Manlio Torcuato Severino (480-525) (figura 17) se transmite al medio buena parte de la ciencia antigua en sus trabajos sobre Geometría y aritmética<sup>30</sup>, su base filosófica, platónico-pitagórica, le llevó a considerar el número como fundamento de todas las cosas, y las proporciones como base de las teorías estéticas.



Figura 17. Boecio

Fuente: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/boecio.htm>

Casiodoro Flavio Magno Aurelio Senator “Cassiodorus” (490-583) (figura 18) recoge también conocimientos científicos y artísticos grecorromanos: inicia una nueva sistematización del “trivium” y el “quadrivium”, cita a Vitruvio y también considera al número y las proporciones como fundamento de belleza y la armonía: *numerus est qui cuncta disponit*.

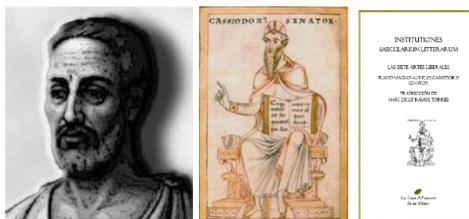


Figura 18. Casiodoro Flavio Magno Aurelio Senator “Cassiodorus” Fuente: *Apasionados del imperio romano. Institutiones Saecularium Litterarum. Las siete artes liberales, por Flavio Magno Aurelio Casiodoro Senator. Google.com*

La aritmética sigue una línea eminentemente teórica, alejada de las aplicaciones de los oficios; solo concierne a la “disciplina de los números” unida al misticismo estético derivado de la filosofía agustina. Pero su Geometría experimentó una cierta regresión con pocas demostraciones y numerosos errores.

La ciencia helénica fue asimilada por la cultura del Islam, se difundió en escuelas donde se enseñaban juntos los *Elementos* de Euclides y el *Almagesto* un tratado astronómico escrito por Claudio Ptolomeo. Ya en el siglo XII al-Chajjami establece una nítida separación entre aritmética y Geometría:

*...desde el punto de vista formal, la máquina pensante contenida en el álgebra y la aritmética fue claramente reconocida por ellos (aunque no descubierta) y librada del lastre de la geometría*<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Anicio Manlio Torcuato Severino, Boecio, autor de “*De consolatione arithmeticae*” y “*Geometria Euclidis a Boethio in latinum translata*”, junto con “*De institutione musicae*”. En las obras de Música y Aritmética es donde se descubre una estética detallada de la proporción.

<sup>31</sup> Colerus, E, *Breve Historia de las Matemáticas*, tomo 1, Enciclopedia Universal Ilustrada, p.136.

## Los guardianes del saber geométrico griego

Según Joan Gómez Urgellès, al mundo árabe también le inquietaba la demostración de los postulados de Euclides<sup>32</sup>. Ibnal Haitham (965-1309), conocido en occidente como Alhazen, fue el primero en ocuparse de ellos. El persa Omar Khayyam (1050-1123) fue cèlebre tanto en el mundo árabe como en occidente por sus importantes aportaciones en Geometría. En su obra fundamental *La verdad de las paralelas y discusión sobre la famosa duda* se encuentran argumentos en razonamientos sobre cuadriláteros que deberán esperar 600 años para ser desarrollados por el italiano Saccheri.

Esta cultura matemática se enseñaba en la España musulmana de los siglos XI y XII, donde se recuperan los conocimientos del mundo clásico. En el campo de la Geometría, esto luego sería esencial para el desarrollo del gótico. La síntesis realizada por la ciencia musulmana desarrolló al máximo las posibilidades de la Geometría aplicada a los oficios de la construcción (geometría *fabrorum*). En la Edad Media, existió un distanciamiento entre la ciencia teórica y la de los oficios, apoyándose éstos en ciertos rudimentos de la Geometría euclídea en procedimientos empíricos largamente elaborados y que solo algunos alcanzaban el grado de maestro dado que el aprendizaje gremial era largo y penoso.

Forma y figura, refiriéndonos a lo geométrico, San Isidoro la diferencia perfectamente diciendo que figura pertenece al arte, por tanto, al entendimiento, y la forma a la naturaleza, es decir, al sentido.

El arte románico empleó, sobre todo en arquitectura, ciertas formas dictadas por sencillas reglas numéricas y geométricas que lograron reunir con fantasía y la austeridad con la suntuosidad.

Nos quedamos con lo que dice Villard de Honnecourt, que recomendaba a los arquitectos que, del arte en sí, tomado en el sentido tradicional del saber teórico, reservándolo para el término *ars*: "...se sirvieran de la *geometría*", la llamó *art de géometrie*, mientras que los conocimientos prácticos los denominó con la palabra *force*, es decir, la fuerza.

Puesto que Bizancio fue heredera de la cultura griega, no es de sorprender que poseyera un agudo sentido estético. Con relucientes cúpulas cubrieron vastos espacios que, en una construcción de columnas y vigas, se habrían llenado de un bosque de columnas. Por eso la arquitectura bizantina abunda en cúpulas y superficies brillantes, muy distintas de las líneas rectas y formas cuadradas y blancas del Partenón ateniense, y esto se debió al desarrollo de la Geometría en esta época, sin embargo, ésta avanzó muy poco desde el final de la era griega hasta la era medieval.

Sin embargo, la arquitectura occidental siguió la corriente de la llamada arquitectura románica, donde los trazos geométricos de sus construcciones parecen querer demostrar la perfección de las líneas y los números como espejo de la perfección divina. En esta época los obreros bizantinos, ancestros de los libres masones<sup>33</sup>, constructores de la arquitectura de esa época que posee un significado simbólico, se desarrollan al interior de las *logias* de maestros y su pedagogía incluirá la transmisión de las experiencias constructivas –sintetizadas en forma de recetas constructivas–, la *enseñanza* de los “secretos geométricos” y el trazado de los edificios. Si se pregunta incluso en el mundo profano cuál es el símbolo más universalmente extendido y que mejor expresa el origen filosófico de la Masonería y sus ideales, éste sería sin duda el de la Escuadra y el Compás (figura 20). No se trata tanto de una dualidad opuesta como complementaria y, en cualquier caso, se trata de dos instrumentos que permiten la realización de tareas que com-

---

<sup>32</sup> Joan Gómez Urgellès, *Cuando las rectas se vuelven curvas, Las geometrías no euclidianas*, RBA Coleccionables, S.A. 2012, España, p. 46.

<sup>33</sup> Los libres masones, o *franc masones*, surgen como los maestros constructores, los arquitectos de la Edad Media.

peten a dos estructuras geométricas en el plano completamente diferentes y contradictorias: el cuadrado y el círculo.



Figura 20. Símbolo Masón. Fuente: *Pinterest*

Escuadra y Compás, por su amplitud simbólica, son en sí mismos libros mudos, que transmiten la idea transcendental del ser humano. La función de la Escuadra es *medir* magnitudes del mundo material, mientras que el Compás *mide* ángulos; el primero supone una aproximación al mundo de la cantidad, el segundo al de la calidad y la esencia.

Por esto mismo el cuadrado que puede trazarse con la escuadra es el símbolo del mundo material y el círculo que surge del manejo del compás lo es del espiritual.

No es casualidad que en algunas pinturas medievales se asimile a Dios como el Gran Arquitecto del Universo (figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26), representado con su atributo de creador: el *Compás*. Tradicionalmente se interpreta el compás como la representación de la Igualdad, pues la distancia entre el centro de la circunferencia, que se establece con uno de los brazos del compás y que representa el masón, y cualquiera de los puntos de su trazado es siempre la misma.

### Iconografía del gran arquitecto del universo en la Edad Media<sup>34</sup>



Figura 21. Dios como Geómetra. Codice 1179, fol. 1 v. Biblioteca Nacional de Viena

*...La representación de Dios, compás en mano y siguiendo las leyes de la geometría, fue una imagen usual del arte y literatura medieval para simbolizar su función como Cosmocrator o Arquitecto del Universo que se va a generalizar a medida que la profesión de arquitecto adquiere más importancia. Inspirado en tales precedentes, el arquitecto medieval, a la vez que se situaba como digno sucesor de esa cadena de ilustres obreros a la hora de aplicar el Arte Real, legitimaba su ascenso social en el mundo medieval estamental. Tales representaciones iconográficas se basan, entre otros, en Proverbios, 8, 27: «Cuando afirmó los cielo, allí estaba yo (la Sabiduría); cuando trazó un círculo sobre la faz del abismo... yo estaba junto a El como*

<sup>34</sup> Extractado de: Javier Alvarado Planas, *Heráldica, simbolismo y usos tradicionales de las corporaciones de Oficio; las marcas de canteros*, Madrid, 2009, p. 37-40. Fuente: <http://dialogo-entre-masones.blogspot.com/2014/11/iconografia-del-gran-arquitecto-del.html>

aprendiz”. Es la Sabiduría quien “ha edificado su casa, ha tallado sus siete columnas” (Prov. 9,1). Dios pregunta «¿Dónde estabas cuando yo cimentaba la tierra?... ¿Quién determinó, si lo sabes, sus medidas? ¿Quién tendió sobre ella el nivel? ¿Sobre qué descansan sus pilotes o quién asentó supiedra angular?...» (Job. 38, 4-6). Jesucristo se compara con la «piedra angular» del edificio: «¿No habéis leído nunca en las Escrituras: la piedra que los edificadores habían rechazado, ésa fue hecha cabeza angular?» (Mt. 21, 42).



...En otras ocasiones Dios aparece en el Antiguo Testamento como Arquitecto o Geómetra revelando la “medida perfecta”. Así, en Génesis 6 revela a Noé las medidas y detalles constructivos del Arca. También revelará el diseño del Arca de la Alianza y las medidas y proporciones del Templo según una “medida adecuada”; «Me harán un santuario y Yo habitaré en medio de ellos. Lo harán conforme a todo lo que voy a mostrar como modelo del tabernáculo y de todos sus utensilios...» (Éx. 25, 8-9). Es Dios quien revela e inspira sus proyectos a los más devotos. A Besalel y Oliab, elegidos como arquitectos del Arca de la Alianza, Dios «los había llenado de un espíritu de sabiduría, de inteligencia y de ciencia para toda suerte de obras, para proyectar todo lo que puede hacerse» (Éx. 35, 34). Las medidas perfectas o adecuadas del templo de Jerusalén son reveladas por Dios a Ezequiel mediante una visión en la que aparecen “una cuerda de lino y una vara de medir” (Ezequiel, 40, 3) para que se construya «según el modelo del santo tabernáculo que Tú habías preparado desde el comienzo». Igualmente, en el libro primero de los Reyes se describen las instrucciones dadas por Dios a David, y que este transmitió a su hijo Salomón para erigir el templo conforme al «modelo de todas las cosas que le habían sido inspiradas por el Espíritu que estaba con él» (I Reyes 5,18; 8,18...).



Figura 22. Representación de Dios en el momento en que procede a la creación ordenando el caos, según la Biblia de San Luis de la Catedral de Toledo.



Figura 23. Retaule de l'Esperit Sant, 1393. Fragmento del retablo de la Colegiata de Santa María de Manresa de Pere Serra (siglo XIV). En la parte superior izquierda se encuentra la representación de Cristo portando un compás como gran artífice del universo.

Fuente: De PMRMaeyaert - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0 es,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1746642> Copyright Pol Mayer / Paul M.R. Maeyaert polmayer@yahoo.es



Figura 24. Gran Arquitecto del Universo, Biblia medieval francesa.  
Fuente: W. Kirk MacNulty, *A Maçonaria* (wmf martinsfontes, Sao Paulo, 2007), p.63.



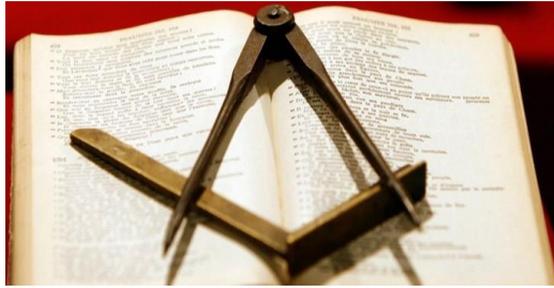
Figura 25. En las Constituciones de Anderson, fechadas en 1723, se hace alusión a Dios, Gran Arquitecto del Universo, y al Dios del Cielo, el omnipotente.



Figura 26. Fuente: *Biblioteca / esoterismo.info Maria Concetta Nicolai: Filología Massonica*

Posteriormente al florecimiento del arte románico y antes de las grandes obras del Renacimiento, se desarrolló en Europa el movimiento artístico conocido como “arte gótico”. Las construcciones góticas fueron las más soberbias y opulentas que dejó el medioevo. Las cúpulas ya no son redondas sino en pico, con forma de torres puntiagudas y delimitan muy bien las líneas geométricas verticales con los contrafuertes y los fustes.

#### 1.1.1.4 De la Geometría en la Edad Moderna



Fuente: <https://masonerialibertaria.com/2017/03/09/origen-y-significado-de-la-escuadra-y-el-compas/>

#### De la Geometría en el Renacimiento<sup>35</sup>

En Europa, las investigaciones y la documentación que existe en torno a la *enseñanza* de la Geometría – que no sufrió destrucción- es abundante y nos revelan dos pasos de enorme trascendencia, que tuvieron entre finales del siglo XV y principios del XX. El primero de ellos a partir de la instrucción de la Geometría Descriptiva fue la *intelectualización del arte de construir*, el segundo, la *separación de la Arquitectura con la Ingeniería*.

#### Intelectualización del arte de construir

El talento no se puede adquirir, pero se debe educar y guiar por medio del estudio de muchas disciplinas, entre ellas la Geometría Descriptiva para la construcción. Nos refiere Vitruvio, en el contenido de unas frases iniciales de su tratado:

*Itaque ingeniosum oportet esse et ad disciplinam docilem.  
Neque enim ingenium sine disciplina aut disciplina, sine ingenio perfectum artificem potest efficere.*

“Así pues, conviene que tenga talento y sea inclinado al estudio (aprendizaje). En efecto, ni talento sin estudio, ni estudio sin talento pueden hacer un Arquitecto perfecto.”<sup>36</sup>

La nueva ideología renacentista tuvo que preocuparse por la formación de los Arquitectos en el campo teórico, pero conservó las normas medievales con relación a la *enseñanza* práctica. No es hasta el Renacimiento cuando las nuevas necesidades del arte y la técnica empujan a los humanistas a estudiar las propiedades geométricas con el fin de obtener nuevos instrumentos para representar la realidad.

<sup>35</sup> El Renacimiento fue un movimiento cultural europeo que llegó a su apogeo en España en el siglo XVI. Junto con el Barroco del siglo XVII, el Renacimiento produjo un esplendor en las artes y ciencias nunca igualado, lo que hoy conocemos como el Siglo de Oro. El Renacimiento se caracteriza por un renovado interés en el mundo grecolatino, y por ende el Humanismo. En contraste con el teocentrismo de la Edad Media, predomina el antropocentrismo, el optimismo, la secularización, la curiosidad científica, la confianza en la razón y la exaltación de la naturaleza de este mundo. La estética renacentista valora las formas equilibradas y armónicas, y la idealización de la realidad. Además, surge un nuevo prototipo del caballero: ya no basta ser experto en las armas, como en la Edad Media, sino también en las letras y artes. Es guerrero y a la vez poeta.

<sup>36</sup> Chanfón, Olmos Carlos, *La formación de los constructores durante la época virreinal*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.25.

Estos sistemas de representación que componen lo que hoy día denominamos Geometría Descriptiva, no son más que formas regladas de plasmar en documentos planos la realidad tridimensional, y hoy día son métodos imprescindibles para transmitir la información entre los distintos elementos necesarios para la ejecución de cualquier proyecto.

En esta época se imaginan un cosmos ordenado, como sucedió también en la Edad Media, pero la diferencia apunta Baeza Medina, es que en el Renacimiento, ese orden no resultaba que el hombre tomara su lugar en el mundo, sino que imaginaba un cosmos numérico. La arquitectura era una ciencia matemática (módulos, ejes, proporciones, en una palabra: Geometría); su objeto era presentar el orden cósmico. La perspectiva se convierte en este periodo en un elemento para describir al espacio. Para representar geoméricamente el mundo, se desarrollan diferentes proyecciones, proceso que culmina con el mapamundi de Gerardus Mercator en 1569 (figura 27).

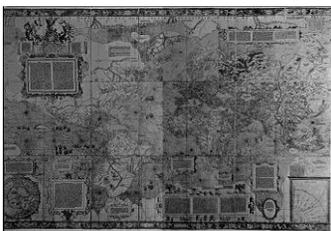


Figura 27. Mapa de Mercator de 1569. Fuente: [www.biblioteca tv. http://usuarios.lycos.es/Onuba/CAR14.htm](http://usuarios.lycos.es/Onuba/CAR14.htm)

La forma de sus iglesias surge del nuevo concepto de orden, mediante la geometrización y centralización general. La centralización está implicada en el orden geométrico. En el medioevo, la Geometría fue empleada a nivel artesanal; en el Renacimiento, la Geometría participa en la concepción, los edificios son geométricos *a priori*; la configuración geométrica se transformó en símbolo esencial, en nota de trascendencia, prosigue Baeza Medina.<sup>37</sup>

El tratado de arquitectura de Leon Battista Alberti (1404-1472), emulando el *De architectura libri decem* de Vitruvio, se compone de diez libros. El propio Alberti especifica el contenido de cada uno de estos libros: en el primero se dedicará al “diseño” (*lineamenta*).<sup>38</sup>

Alberti:

*...El arte de la construcción consiste en diseño (la construcción consiste en la correcta, exacta, adaptación y conjunción de las líneas y ángulos que componen la cara del edificio) y estructura. Durante la concepción el arquitecto debe determinar la colocación apropiada de las partes, implicando el uso de número, la justa proporción y el bello orden. La concepción debe ser guiada por la geometría y la proporción, la estructura común del microcosmos humano y del macrocosmos divino, que garantiza el significado de la obra arquitectónica.*<sup>39</sup>

<sup>37</sup> Baeza Medina, Joaquín. *Geometría y arquitectura. Algunas consideraciones sobre el uso didáctico de la geometría descriptiva en la arquitectura*, Editorial Universidad de Guadalajara, 1992, p.32.

<sup>38</sup> Alberti menciona también un apéndice que versará sobre “la aritmética y la geometría” (*historia numeri et linearum*), “sobre lo que pueda serle útil al arquitecto en su trabajo” (*quid conferat architecto in negotio*), y que no ha quedado registrado. Sverlij, Mariana, *Retórica y arquitectura: de re Aedificatoria de Leon Battista Alberti*, Universidad de Buenos Aires, Argentina, *RÉTOR*, 4 (2), p. 200-219, 2014.

<sup>39</sup> Pérez Gómez, Alberto, *La génesis y superación del funcionalismo en arquitectura*, México, Limusa, 1980 p.44.

El espacio se racionaliza, puede ser *medido* por la perspectiva, y en lo tecnológico, por la adopción del orden antiguo. La percepción de las *dimensiones* del edificio, del espacio interior y del volumen exterior, ya no es empírica sino que ella misma está racionalizada. Pues desde entonces sobreponemos mentalmente al mismo edificio su malla perspectiva. Se acepta de esta manera la propuesta de Alberti sobre *medir y dibujar* la arquitectura como método para *aprender* a proyectarla (diseñarla).

La Sección Aurea, nombre dado en el siglo XIX a la proporción fruto de dividir una línea en lo que Euclides (figura 28), 300 años antes de nuestra era, llamó “razón media y extrema”. Esta razón se utilizó como elemento activo en el diseño arquitectónico durante el Renacimiento. A pesar del intento de Vitruvio en relacionar el cuerpo humano con el sistema de *medidas* que los griegos emplearon en el diseño de sus templos, históricamente se observa que el interés fundamental de la humanidad hacia la figura humana sea centrado más en lo estético que en lo puramente metrológico, es decir, más atento a la proporción que a las *medidas* y funciones absolutas.<sup>40</sup>



Figura 28. El arquitecto Bramante, amigo y mentor de Rafael, encarna a Euclides, padre de la Geometría, o Arquímedes. La intención final de Rafael no la conocemos, pero el uso de un compás por parte del personaje lo asocia a Euclides por otras representaciones del sabio. Los que defienden la tesis de que es Arquímedes el retratado, se basan en la gran fama con la que contaba el científico e ingeniero clásico, y lo extraño que resultaría no encontrarlo en esta obra de Rafael. De estar representado Arquímedes en la obra, esta sería la opción más clara. Fuente: *La escuela de Atenas de Rafael Sanzio*.  
<https://www.nreda2.com/enredados-en-la-cultura/pintura/146-escuela-de-atenas-rafael-sanzio.html>

En el Renacimiento nos indica Joan Gómez Urgellès, destaca Christopher Clavio (1538-1612), que realizó una edición comentada de *Elementos* en el año 1584 con un total de 1234 proposiciones, texto que fue utilizado posteriormente por Girolamo Saccheri y Rene Descartes como base para sus investigaciones. Por sus aportaciones a *Elementos*, Clavio fue conocido como el “Euclides del siglo XVI”<sup>41</sup>.

Durante este periodo, los maestros canteros emplean de forma cada vez más intensa y sofisticada la doble proyección, para resolver los problemas que el lenguaje arquitectónico clásico plantea a la construcción pétreo. En concreto, se usan las proyecciones ortogonales para la labra de la piedra por escuadría; se emplean los abatimientos y los desarrollos en la talla mediante plantillas; se practican giros para conocer los ángulos que forman entre sí las aristas de las dovelas; se realizan cambios de plano para construir las testas oblicuas o inclinadas de los arcos; y en ocasiones se combinan de forma muy ingeniosa todos estos métodos.<sup>42</sup> Esto se realizaba mucho antes que Monge lo sistematizara.

<sup>40</sup> Panero, Julius. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*, Editorial Gustavo Gili, España, 2011, p.17-18.

<sup>41</sup> Joan Gómez Urgellès, *Cuando las rectas se vuelven curvas, Las geometrías no euclidianas*, RBA Coleccionables, S.A. 2012, España, p. 46.

<sup>42</sup> Calvo López, José. *Gaspard Monge, la estética de la Ilustración y la enseñanza de la Geometría Descriptiva*, Cartagena, Revista de Expresión Gráfica en la Edificación, p.86.

### De la Geometría en el Manierismo <sup>43</sup>

En la arquitectura manierista, los edificios pierden la claridad de composición y pierden solemnidad con respecto al clasicismo pleno. En los edificios se multiplican los elementos arquitectónicos, aunque no cumplen una función arquitectónica.

Los teóricos y tratadistas renacentistas como Filippo Brunelleschi, Leon Battista Alberti, Jacopo Barozzi de Vignola y Andrea di Pietro della Góndola (Andrea Palladio) entre otros, relacionan las formas arquitectónicas con el cuerpo humano. Es la anatomía, más que el número y la Geometría, lo que llega a ser la disciplina básica del arquitecto. Miguel Ángel raras veces indicaba *medidas* o escala en sus dibujos, nunca trazaba con un módulo y prescindía de la regla y el compás hasta que el diseño estaba definitivamente decidido, contrario a lo que realizaba Leonardo da Vinci.

Le interesó más lo cualitativo que lo cuantitativo, en sus bocetos representaba la calidad de la piedra, la sombra. Muy pocas veces hizo dibujos en perspectiva, pues pensaba en el observador como un ser en movimiento, y ponía en duda el visualizar los edificios desde un punto fijo. Para estudiar los efectos tridimensionales hacía maquetas de arcilla.

Se opone al primer Renacimiento, no busca estudiar las partes, sino el todo.  
Bárbaro dijo:

*... Las matemáticas son verdad necesaria y la arquitectura traduce en tres dimensiones la verdad de las matemáticas. La esencia de la arquitectura es la proporcionalidad; una relación de razones matemáticas basadas en los números.*

### De la Geometría en el Barroco <sup>44</sup>

El barroco nace en el siglo XVII en Italia, en Roma, impulsado por los papas, con el objetivo de manifestar la veracidad, validez y grandeza de la Iglesia y de sus tesis a través de las creaciones artísticas.

Galileo Galilei fue uno de los fundadores del método experimental (ciencia moderna).

El siguiente paso importante en la ciencia lo dio el filósofo y matemático francés René Descartes, cuyo tratado "*El Discurso del Método*", publicado en 1637, hizo época. Este trabajo fraguó una conexión entre la Geometría y el álgebra al demostrar cómo aplicar los métodos de una disciplina en la otra. Éste es un fundamento de la Geometría analítica, en la que las figuras se representan mediante expresiones algebraicas, sujeto subyacente en la mayor parte de la Geometría moderna.

Desaparecen las formas geométricas, definidas en el Renacimiento para dar paso a la riqueza decorativa y a la variación óptica, conseguida esta última mediante la utilización de la luz que al incidir sobre superficies dinámicas altera su aspecto. Se convierte así la arquitectura barroca en aparente, abierta y expresiva. De nuevo la sensación viene a suplir a la razón.

Estos serían sus elementos geométricos:

---

<sup>43</sup> El manierismo (de "manera", manera o estilo semejante a otro, a la manera de otro artista, pero dándoles su propia impronta) aparece a fines del siglo XVI, en Europa occidental, como expresión del Renacimiento tardío, pero en forma crítica a él, a causa de la crisis religiosa, política y económica, estando basados "o a la manera de" renacentistas como Miguel Ángel, que comenzó a usar él mismo técnicas manieristas y transgresoras, con la cúpula de San Pedro en Roma o la capilla de los Médici. Son sus representantes, los arquitectos de la escuela de Venecia, Andrea Palladio (1508-1580) que creó su propio estilo combinando formas clásicas con ornamentaciones y Giacomo Della Porta (1540-1602).

<sup>44</sup> Fuente: <http://iesjorgejuan.es/sites/default/files/apuntes/sociales/historiadelarte2/tema11barroco/artebarroco-general.pdf>

- La línea curva, dinámica es la dominante, elipses, parábolas, hipérbolas, cicloides, sinusoides, hélices sustituyen al perfecto equilibrio del medio punto romano (figura 29).
- Abundancia de formas variadas de arcos.
- Uso de diferentes tipos de cúpulas.
- Uso de soportes dinámicos: el fuste de las columnas se retuerce (columna salomónica) y a veces generan por su forma especial sensación de inestabilidad, soportes extremadamente estrechos en su parte inferior (estípite barroco); uso de cariátides, de pilastras.
- Abundancia de elementos decorativos: los frontones se parten y adquieren formas curvas o líneas mixtas, abundancia de nichos, hornacinas, ventanales con forma ovoide (oculi) enmarcados.
- Los muros pierden el sentido plano y se curvan dejando de cruzarse en ángulo recto, buscando todo tipo de perspectivas y efectos luminosos.
- Aunque se mantiene la tradicional planta rectangular (planta jesuítica), aparecen las plantas elípticas, circulares y mixtas.



Figura 29. El simbolismo de la Roma barroca. Bernini y Barromini. Fuente: [homo-artist.blogspot.com](http://homo-artist.blogspot.com)

En este periodo:

*... La geometría sustituye a la autoridad de la antigüedad como fuente de justificaciones trascendentes para la arquitectura. (Guarini)<sup>45</sup>*

El espacio barroco une la espacialidad tradicional y el espacio conceptual de la Geometría.

*... La arquitectura adoptó enfáticamente el uso de operaciones geométricas para la determinación de formas y espacios. Comúnmente se ha reconocido la **dimensión** técnica de estas operaciones como un curioso y equivocado precedente de la auténtica aplicación de la estática a problemas estructurales. Los historiadores del mundo barroco, pensando siempre a través del patrón de estilos formales, no han podido reconocer la ruda continuidad entre las instituciones que produjeron la sensual ornamentación y la complejidad espacial de algunos edificios, con aquella que motivó la austeridad (sic) de Versalles y el apasionado interés por la geometría. Solo comprendiendo la **dimensión** simbólica de las operaciones geométricas de la arquitectura dentro del marco epistemológico del siglo XVII, seremos capaces de establecer la coherencia de la intencionalidad arquitectónica barroca, con sus dimensiones racional y sensual.<sup>46</sup>*

<sup>45</sup> Pérez Gómez, Alberto, *Op cit*, p.165.

<sup>46</sup> Pérez Gómez, Alberto, *Op cit*, p.163.

## De la Geometría en el Neoclásico

Es una reacción al Barroco. Este estilo tiene las siguientes características:

- Se van a utilizar como fuentes los edificios griegos, romano y del renacimiento.
- La forma del edificio debe responder a la función y a una espacialidad racionalmente calculada.
- Apariencia solemne y severa, simplicidad de líneas, armonía de volúmenes y la búsqueda de la belleza en su conjunto.
- Uso de frontones poblados de figuras escultóricas.
- Empleo de la cúpula.

En 1753, Marc-Antoine Laugier publica (anónimamente) el *Essai sur l'architecture*, donde postula el retorno a la Cabaña Primitiva, la esencia de la simplicidad arquitectónica para el autor, como manera de hacer avanzar la arquitectura, de renovarla o depurarla de sus errores.<sup>47</sup>

Lo hizo en términos anotados en el apartado de aspectos generales.

*... Jamás hubo principio más fecundo en consecuencia. Desde este momento es fácil distinguir las partes que intervienen esencialmente en la composición, de aquellas que se introducen por necesidad o de las que se han añadido por capricho".* Según dicho autor: *"Nos mantenemos fieles a lo simple y a lo natural; son el único camino hacia lo bello...con un mínimo de conocimientos geométricos (el arquitecto) encontrará el secreto para variar hasta el infinito las plantas que diseña."*<sup>48</sup>

Laugier sostuvo que el templo griego había heredado la lógica simple de la choza primitiva. Algo más tarde, de Fournay enfrentó el mismo problema desde otro ángulo afirmando que "la arquitectura debe regenerarse mediante la Geometría".<sup>49</sup>

En los proyectos de la época como los de Étienne-Louis Boullée y Claude Nicolás Ledoux, los muchos dibujos de grafito de Boullée y de sus alumnos representan una arquitectura geométrica que emula la eternidad del universo, donde hallamos cantidades de cubos, pirámides, conos, cilindros y esferas. (figura 30)

No obstante, una idea rondaba en la cabeza de Boullée, quien recomendaba a los arquitectos cambiar a ratos el compás por la pintura. Sin embargo para el suizo Hannes Meyer, por ejemplo, decía que, con la aplicación rigurosa de la técnica, y no del arte, es como se lograrían resolver las necesidades del hombre.



Figura 30. Cenotafio de Étienne-Louis Boullée. Fuente: *Architectural-review.com*

<sup>47</sup> Fuente: <http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/>

<sup>48</sup> Pérez Gómez, Alberto, *Op cit*, p.196.

<sup>49</sup> Patteta, Luciano, *Op. cit.*, p.201.

## De la Geometría en el reino de la Nueva España

Encontramos en Andrés de San Miguel, fraile, hermano lego de la orden de carmelitas descalzos como constructor de edificios, novohispano del siglo XVII, propuesto al nivel superior de lumétrico, jumétrico<sup>50</sup> o geómetra, en su manuscrito o tratado sumamente didáctico procede trazando primero sobre el papel, “donde es más fácil enmendar los yerros”, para después trasladar el diseño a la obra. Dice fray Andrés:

*...Montear una traza, cualquiera que sea, no es otra cosa sino buscarle y hallar con acierto los cortes y lo alto y ancho que ha de tener puesta en obra, para en ella enmendar las faltas...en obras que tienen dificultad suelen los más entendidos hacer modelo, que es la misma obra en pequeño.*

Con lo expresado, fray Andrés demuestra su inquietud científica de teorizar, experimentar y llegar al origen del conocimiento a través de la solución al problema de todo el trabajo geométrico que está en los cartabones. Pero una cosa es aplicarlos, como el aprendiz y el oficial lo aprendían del maestro, y otra cosa es saber obtenerlos.

De los folios del manuscrito, en el prólogo a la versión paleográfica<sup>51</sup>, nos refiere Báez Macías que con sólo regla y compás, llegó éste a ser el símbolo del conocimiento matemático, “enseña a componer todos los cartabones necesarios para construir”. Fray Andrés, dice Nuere, “se sitúa por encima de las tradicionales recetas y en vez de conformarse con fe ciega, prefiere llegar a descripciones inteligibles cuyo fundamento se basa más en su dominio de la Geometría Descriptiva”.<sup>52</sup>

Pensaba la arquitectura dice Báez Macías, “como los grandes maestros renacentistas: con mente de artífice y matemático..., concepción difícil de alcanzar para quien no tiene bien andado el camino de la Geometría, con sus axiomas exactos e inmutables”<sup>53</sup>.

Como Juan de Arfe y fray Lorenzo de San Nicolás, fray Andrés sitúa la Geometría en un lugar preeminente, en el umbral de la arquitectura y explica, asimismo, por qué es una ciencia útil hasta para el conocimiento de la Sagrada Escritura, poniendo, como ejemplo, la controversia en contra del teólogo Juan Gropper, para determinar las *medidas* que, según el texto bíblico, había tenido el Arca de Noé, (en codos comunes o codos geométricos).

Dentro de este contexto se condensa y culminan los estudios realizados sobre la historia de la enseñanza de la Geometría, que establecen en el siguiente capítulo el inicio de la enseñanza de la Geometría Descriptiva en la Real Academia de San Carlos de las Nobles Artes del reino de la Nueva España y que establecerán dos etapas bien diferenciadas cuya inflexión se sitúa hacia el siglo XIX, fecha en que se produce la institucionalización de la Universidad Nacional.

---

<sup>50</sup> En las probanzas se le llama júmetro (geómetra), lo que supone que obtuvo algunos conocimientos de geometría aplicada a la tierra, o sea de topografía. En *Humanidades* por José Javier Romero Cachaza, 2011.

<sup>51</sup> Báez Macías, Eduardo, *Obras de fray Andrés de San Miguel, Introducción, notas y versión paleográfica*, UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, 2007. p. 16 y 17.

<sup>52</sup> Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.* p. 16 y 17.

<sup>53</sup> Báez Macías, Eduardo, *Op. Cit.* p. 57



## LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA Y SU ENSEÑANZA DISCIPLINAR E INSTITUCIONAL

### 1.2 MARCO HISTÓRICO INSTRUMENTAL

#### 1.2.1 LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO DISCIPLINA

Para entender la situación actual de una disciplina como la Geometría Descriptiva ligada a la enseñanza de la arquitectura, no basta establecer su marco histórico conceptual de referencia, se requiere también, abundar sobre su evolución histórica como marco histórico instrumental para poder plantear preguntas que nos permitan comprender el papel que esta disciplina académica ha asumido en la historia del desarrollo de la enseñanza de la arquitectura, para ello resulta necesario plantear una revisión de eventos clave, que nos funcione como preámbulo.

La consolidación del dibujo como sistema de proyección de la arquitectura durante el renacimiento italiano, pasando por la historiografía que Europa ha asumido como la ruta de su herencia cultural desde la antigüedad y su derivación hacia el sistema abstracto que la Geometría Descriptiva implicó; modificó sustancialmente los procesos de producción de la arquitectura y fue incorporada por las Academias y escuelas de Arquitectura, tanto en Francia, Inglaterra, Alemania y España.

La pretensión de este preámbulo es describir el estado de cosas respecto a la aplicación de la Geometría Descriptiva en las decisiones de los arquitectos y constructores antes de la Colonia y durante el Virreinato, para establecer una visión que relacione el establecimiento de la futura Academia mexicana.

##### 1.2.1.1 Gaspar Monge, la Escuela Normal y l'École Polytechnique de París y su influencia Geométrica

Como disciplina la Geometría Descriptiva, se dice tiene sus orígenes en la estatua sumeria del rey Gudea, que representa en sus rodillas un plano. Pero fue el ingeniero militar francés Gaspar Monge, profesor de Estereotomía en la Academia Militar de Mézieres quien a finales del siglo XVIII, sistematizó todos los procedimientos gráficos conocidos y utilizados hasta entonces para realizar los planos y la construcción. Ideó un curso de iniciación para sus alumnos, llamado Geometría Descriptiva y así de esta manera crea una nueva disciplina que con:

*...la definición clara del concepto de proyección, subdividida en cónica, cilíndrica, oblicua u ortogonal, afectó no sólo la estereotomía – motivo inmediato de su creación- sino también la perspectiva, el trazado de sombras y en general, la representación convencional de cualquier objeto aún no existente, con la posibilidad de definir la forma y dimensiones de todos los detalles necesarios para su construcción.<sup>54</sup>*

En una ocasión el director de un plantel le encargó a Monge la solución de un caso particular de diseño para defensa de fuego en enfilada. Entregado en cuerpo y alma al problema, abandonó el camino tradicional e ideó por vez primera un método geométrico general que podía aplicarse a la solución de problemas análogos. Fue así como nació su nueva ciencia, la Geometría Descriptiva, que su talento matemático con-

---

<sup>54</sup> Chanfón, Olmos Carlos, *La formación de los constructores durante la época virreinal*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.24.

cibió y aumentó hasta crear un verdadero cuerpo de doctrina en que los métodos se dirigen siempre a la generalización de sistemas.

Durante veinte años, luchó por implementar “*Su Geometría*, al mismo tiempo que completaba y le daba forma a sus métodos”,<sup>55</sup> y que madurará durante mucho tiempo su gramática gráfica.

Antes de la Geometría Descriptiva como tal, cada obrero, aparejador o arquitecto utilizaba soluciones particulares para cada problema presentado en el lugar de la construcción, sin que existiera relación alguna, o idea de generalización, entre los distintos métodos usados, que eran **enseñados y aprendidos** en los talleres, como *recetas* individuales. Todos estos procedimientos aislados se engloban en lo que según la época y el lugar, se llamó *portraiture* (descripción gráfica y detallada) arte del trazo o arte de la monea, (figuras 31, 32 y 33) y en este contexto cito las palabras de Agricole Perdiguer en 1846 que decía:

... *Las más hermosas catedrales estaban ya en pie cuando Desargues y Monge vinieron a enseñarnos, a nosotros, los obreros, cómo hay que hacer para tallar la piedra y la madera.*



Figura 31. **GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE**, Par G MONGE, De l'Institut Des Sciences, Lettres et Arts, de l'École Polytechnique; Membre du Sénat Conservateur, Grand-Officier de la Légion D'Honneur et Comte de l'empire. Nouvelle Édition, Avec un Supplément, par M. HACHETTE, Publicado en 1811 por J. Klostermann fils, Libraire de l'École Impériale Polytechnique, rue du Jardinnet, no. 13, París. Escrito en Francés.

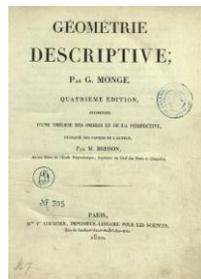


Figura 32. **GÉOMETRIE DESCRIPTIVE**; Par G MONGE Quatrième Édition, augmentée, D'UNE THÉORIE DES OMBRES ET DE LA PERSPECTIVE, extraite des papiers de l'auteur, par M. Brisson. Publicado en 1820 por Courcier Imprimeur Libraire, París. Escrito en Francés.

<sup>55</sup> Chanfón, Olmos Carlos, “Boletín”, *Instituto Nacional de Antropología e Historia*, México, época II / abril-junio, 1972, p.24.

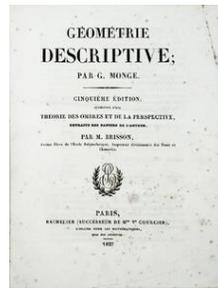


Figura 33. **GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE**; Par G MONGE Cinquième Èdition, augmentée, THÉORIE DES OMBRES ET DE LA PERSPECTIVE, extraite des papiers de l'auteur, par M. Brisson. Publicado en 1827 por Courcier Imprimeur Libraire, París. Escrito en Francés.

**Geometría Descriptiva:** Esta disciplina sirve para *enseñar*, en un tiempo razonable, a un número adecuado de *discentes* (en la Edad Media, no importaba el tiempo ni el número de aprendices), a dibujar sobre un papel, dónde solo existen dos dimensiones, objetos que tienen tres dimensiones y que precisamente el discente está trasladando de su mente al sistema de representación. Gaspar Monge (figura 34), crea esta nueva ciencia a partir de conocimientos anteriores referentes a la Geometría.

A continuación se transcribe las partes esenciales del programa de la traducción del texto de Gaspar Monge (Madrid, 1996, p. V-VIII) al castellano por parte de Betancourt para uso de los discentes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos., textual de la introducción del libro para el uso de los estudios de la inspección general de caminos, pues el texto completo abarca 4 páginas, todas ellas en el mismo tenor.



Figura 34. Retrato de Gaspar Monge (1746-1818) de Lith de Delpech. Fuente: Wikipedia

GÈOMÈTRIE DESCRIPTIVE por Gaspar Monge (edición facsimilar) <sup>56</sup>

#### PROGRAMA

*... necesitamos en primer lugar dirigir la educación nacional hácia el conocimiento de los objetos que exigen exactitud, lo que hasta nuestros días se ha descuidado en un todo, y acostumbrar las manos de nuestros artistas al manejo de todo género de instrumentos, que enseñan á trabajar con precisión, y á **medir** los grados diferentes del trabajo...*

<sup>56</sup> Texto tomado de las lecciones de Geometría Descriptiva dadas en las Escuelas Normales del Instituto Nacional por Gaspar Monge en el año tercero de la república (1803).

... Familiarizando desde luego con el uso de la geometría descriptiva á todos los jóvenes de talento, tanto á los que tienen bienes de fortuna, para que algun día puedan hacer de sus capitales un empleo mas útil á sí y á la nación, como á aquellos que no tienen mas que su educación, á fin de que puedan dar á su trabajo mayor precio...

... Este arte tiene dos objetos principales...

... El primero es representar con exactitud sobre los diseños de dos dimensiones los objetos que tienen tres, y que son susceptibles de una determinación rigurosa...

... El segundo objeto de la geometría descriptiva es deducir de la descripción exâcta de los cuerpos todo quanto se sigue necesariamente de sus formas y de sus posiciones respectivas. En este sentido es un **medio de investigar la verdad**..., los **métodos** de este arte sean difundido hasta ahora muy poco, ó casi se descuidaron enteramente...

... El encanto que les acompaña podrá vencer la repugnancia que en general tienen los hombres á **la meditación intensa**, y hará que hallen placer en el ejercicio de su inteligencia, que casi todos miran como penoso y fastidioso...

... Así que, en la escuela normal **debe haber** un curso de geometría descriptiva...

... Pero como no tengamos ninguna obra elemental buena sobre este arte, ya sea porque hasta ahora los sabios la hayan creído de poco interés, ó ya porque la hayan practicado de un cierto modo **obscuramente** algunos ciudadanos, de cuya **educación no se ha cuidado** bastantemente, y que no sabían comunicar los resultados de sus meditaciones, un curso simplemente oral de ningun modo lograría su fin...

... Es pues necesario para el curso de geometría descriptiva que se reúnan la práctica y la ejecución con la **viva voz de los maestros**...

... Dos partes de este arte tienen métodos generales con que se familiarizarán los ciudadanos valiéndose de la regla y de compas, sin los cuales sería **difícil** que llegasen á poderla **enseñar** ellos mismos...

... Entre las diferentes aplicaciones que puede hacerse del método de proyecciones hay dos notables por su generalidad y por lo que tienen de ingeniosas, cuales son las construcciones de la perspectiva y la determinación rigurosa de las sombras en los diseños. Estas dos partes se pueden considerar como el complemento del arte de describir los objetos. Se ejercitará en ellas á los ciudadanos, porque siendo su **destino enseñar algun día los procedimientos** de la geometría descriptiva, es necesario que conozcan todos sus recursos...

Del mismo modo, podemos entender que su contribución a la historia de la representación gráfica fue, ante todo, una operación racionalizadora típicamente ilustrada; su intención era normalizar, simplificar, unificar. En primer lugar, su posición se inscribe en una tendencia característica del dibujo de arquitectura neoclásico a otorgar capacidad representativa a la proyección ortogonal, con ayuda de las sombras.

Monge intentará reducir la armadura completa, con todos los instrumentos gráficos empleada en su tiempo cargando sobre los hombros del sistema diédrico al mismo tiempo las tareas de la resolución y la representación.

Según el vibrante Programa que abre sus lecciones, la Geometría Descriptiva es una lengua necesaria al hombre de genio, que tiene dos objetos principales: uno es representar con exactitud, sobre dibujos que sólo tienen dos dimensiones, los objetos que tienen tres; el otro es deducir de la descripción exacta de los cuerpos todo lo que se sigue necesariamente de sus formas y de sus posiciones respectivas.

Según Baeza, los principales motivos que originaron la publicación del libro *Geometría Descriptiva* en 1795, fueron los siguientes:

- a) Debido a la Revolución Industrial, que se considera tuvo sus orígenes en Inglaterra en 1760.

Esta aportación –poco comentada en general- fue plenamente prevista por Monge, quien en la introducción de su curso, pide que se enseñe en todas las escuelas de Francia, como condición para ganar a Inglaterra, la carrera de la industrialización. (Planteamiento de su programa).

Lo que era *técnica* artesanal se transformará con la Revolución industrial en *tecnología*. Por tanto, se necesitaba una ciencia que permitiera diseñar y construir eficiente y en un menor tiempo, máquinas y construcciones necesarias para el desarrollo de dicho movimiento.

- b) La necesidad de enseñanza masiva crea la Escuela Politécnica de París (1794). Monge ayudó a diseñar el plan de estudios; se requería una asignatura que permitiera en forma institucional, la solución de los problemas de representación de formas constructivas.
- c) Una asignatura que se ocupara de resolver problemas de estereotomía con métodos generales. Por cierto, esta ciencia empezó a caer en desuso casi inmediatamente después, debido a los nuevos materiales de construcción que propició el movimiento llamado Revolución industrial (hierro y acero), usados solos o con concreto.
- d) La necesidad de simplificar los cálculos (matemáticos) para dar forma adecuada a los sillares, para que los muros resistieran los impactos de cañones lo mejor posible, lo cual se logró con procedimientos gráficos de la Geometría Descriptiva. Esta necesidad desapareció también poco después.

Monge sistematizó métodos auxiliares para facilitar la solución de problemas que se resolvían en forma empírica y aproximada; cambio de planos, giros e inventó el método por abatimientos.

En palabras de Chanfón; “Monge comprendió...que la nueva Geometría sirve al mismo tiempo para describir lo que el espíritu ve, pero también para escribir y fijar de manera invariable, lo que el espíritu ha visto. Por eso le dio el nombre de Geometría Descriptiva.”<sup>57</sup>

Con la aplicación de las nuevas teorías geométricas de Monge y sobre la ideología revolucionaria que profesaba se dieron algunas consecuencias indirectamente en los acontecimientos socio-políticos españoles en esa interrelación que tiene la ciencia con las ideas políticas, cuando [...una determinada lógica, de una concreta razón humana, las “matemáticas” o la “Geometría” pudieran resultar disciplinas subversivas en la determinada situación de la sociedad señorial...]<sup>58</sup> y se proponía, con esta intención inmediata de aplicar las nuevas teorías, una solución a un debate arquitectónico existente en el seno del cuerpo político francés, el de las salas parlamentarias. Pese a haber llegado ser Monge presidente del senado imperial en 1806, se adoptó en Francia el hemiciclo que predominó en la época.

Esto hace difícil el aceptar que la influencia geométrica de Monge en España se deban a una mera coincidencia: “todas las salas parlamentarias liberales españolas fueron de planta oval, la más próxima a la

---

<sup>57</sup> Chanfón del Olmo., Carlos., *Eugene Emmanuel Viollet le Duc (1814-1879), su idea de restauración*, cuadernos de arquitectura, 1988b, p. 21.

<sup>58</sup> Clavero, Bartolomé, *Razón científica y revolución burguesa*, en *El científico español ante su historia. La Ciencia en España entre 1750-1850*, Madrid, Diputación, 1980, p. 229.

propuesta elíptica de Monge”.<sup>59</sup> La propuesta de Monge no era capaz de hacer daño o despertar interés en la colectividad, como pudiera parecer: la elipse representaba el símbolo de la nueva sociedad, con sus dos focos, que se oponían al círculo unicéntrico de la sociedad antigua.

El desarrollo de la Geometría Descriptiva se remonta al estudio y enseñanza de la estereotomía, conocida mucho antes, para el uso del corte de piedra o cantería, o *trazas de monte*, que más que un conjunto articulado de conocimientos, durante mucho tiempo fue una colección de estrategias de Geometría práctica, tratada gráficamente para resolver problemas espaciales, como las secciones de conos y cilindros (fundamento geométrico del corte).

El neologismo griego *estereotomía*<sup>60</sup> (de *estéreo* y *tomos*) expresa una actitud, una voluntad de cientificismo, la misma que terminará por convertir a la disciplina en especialidad de los docentes de Geometría Descriptiva.

El español Benito Bails evita sistemáticamente el término estereotomía, y dice en su lugar *montea*, pero el término acabará por entrar en España con la influencia de la organización y la literatura técnica francesa, aunque en la actualidad el término *montea* desapareció para ser sustituido por el término ya utilizado en los primeros años de l'École Polytechnique de París, llamado sistema *diédrico*, y como apunta el Dr. Gómez Vargas, “de todos los Sistemas de Representación, el Diédrico se considera básico para poder estudiar, con posterioridad, los demás. Por este motivo, goza de un mayor peso específico.”<sup>61</sup>

Cuando llega Monge la publicidad de los métodos de la traza de cantería está ya cumplida y sólo queda unificar los criterios gráficos de su representación, así como la perfecta abstracción de los procedimientos en una teoría independiente. La Geometría Descriptiva nace así de la cantería, manteniéndola a su servicio, en cierto modo a una vida artificial.

También es importante mencionar que, la sistematización de Monge, nació en el sentimiento de responsabilidad experimentando en las academias militares, para lograr una *enseñanza* efectiva en las aulas. Puede decirse que mientras el siglo XVII fue el siglo de las curvas, la cicloide, la catenaria, la lemniscata, las hipérbolas, parábolas, espirales de Fermat, perlas de Sluse, el siglo XVIII fue el siglo en el que comenzó realmente el estudio sistemático de las superficies. Monge era un verdadero especialista en Geometría, casi podríamos decir que el primero desde Apolonio (siglo III a.C.), así como un excelente docente. El desarrollo de la Geometría del espacio se debió en buena parte a la actividad matemática y revolucionaria de Monge. De no ser por su actividad política podría no haberse creado nunca la École Polytechnique, y de no haber sido un docente con gran capacidad para transmitir su entusiasmo, el renacimiento de la Geometría tridimensional podría no haberse producido.

Monge también fue docente en una nueva escuela, École Normale, las lecciones impartidas en 1794-95 fueron publicadas en su libro *Géométrie descriptive*. La idea básica que hay tras la nueva Geometría Descriptiva o *método de doble proyección ortogonal* (figura 35) produjo una revolución en la teoría de proyectos de la ingeniería militar de la época de Monge.

---

<sup>59</sup> Monge, Gaspard, *Geometría Descriptiva, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.*, Madrid, 1996, p. 82.

<sup>60</sup> En los primeros años de la Escuela Politécnica, estereotomía es sinónimo de sistema diédrico, recuperando el sentido original de brazo abstracto de la organización de los materiales. Rabasa Díaz, Enrique, *Hacia la estereotomía del siglo XIX*. Artículo, p.239.

<sup>61</sup> Gómez, Vargas, Juan Carlos, *Ejercicios resueltos de Geometría Descriptiva*, Editorial Técnica Avicam, España, 2013.

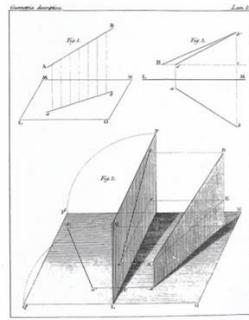


Figura 35. Doble proyección ortogonal. Gaspard Monge, *Géométrie Descriptive*, Año VII (1799), lám. 1.

Fuente: José Calvo López. Cartagena, *Gaspard Monge, la estética de la Ilustración y la enseñanza de la Geometría Descriptiva*  
Revista de Expresión Gráfica en la Edificación

Los nuevos requerimientos del proyecto de fortificaciones en Europa, exigían conocimientos de Geometría en el manejo y combinación de taludes y sus intersecciones. Por otro lado, la gran movilidad necesaria para los ejércitos, obligaba a los constructores militares, a ser expertos en los levantamientos topográficos, en el trazo de caminos, el proyecto de puentes y en el acondicionamiento de puertos, todo esto con el conocimiento de la Geometría Descriptiva, no había otra manera de solucionarlo, de esta manera nace en España la Ingeniería Militar, que a su vez originó más tarde la Ingeniería Civil y las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Pero el carácter mismo de la profesión liberal, adquirido por la Arquitectura, no se ajustaba a la disciplina y experiencia de campo, que la guerra imponía, tanto en España como en el reino de la Nueva España. No existe investigación suficiente sobre la relación –que sin duda existió– entre la creación y la organización inicial de las academias de arte y la aparición de las academias militares, pero el nombre en común, sugiere un vínculo más que probable.

Pues bien,- sin quererlo y quizá sin saberlo ni sospecharlo- en el momento de la fundación de la Escuela de Puentes y Caminos, el Estado francés creó una “separación que dio preferencia a la Ingeniería sobre las Bellas Artes. Esta separación quedó plenamente sancionada con la erección de la Escuela Politécnica, enfatizando una verdadera ruptura entre la Arquitectura y la construcción como proceso técnico y científico. De esta manera todos los países occidentales siguen este modelo francés en el curso del siglo XIX”<sup>62</sup>, como lo vamos a ver en el periodo porfirista en México.

---

<sup>62</sup> Moulin, Raymond et al, *Les Architectes – Metamorphose d’une Profession Liberale*, Archives des Sciences Sociales, almann-Lèvy, Paris, 1973, p. 27.

### 1.2.1.2 De la Real Academia de las Nobles Artes de San Fernando en Madrid a la Real Academia de San Carlos de las Nobles Artes del reino de la Nueva España

La iniciativa francesa ayudó a definir el status jurídico de la profesión liberal del arquitecto, no confundiendo con el maestro albañil u otro tipo de obrero. Se insistió siempre en la necesidad de un estudio de los principios del arte, así como del talento necesario para cultivarlo. Por consiguiente:

*...la l'Académie Royale d'Architecture juzga que el nombre de arquitecto no se debe dar más que aquellos que habiendo hecho un estudio de los principios de este arte, estando convencidos de que no hay arte ni ciencia que exija más dedicación, ... deba ocuparse íntegramente a su ejercicio.*<sup>63</sup>

A partir de esta época, el carácter de arquitecto quedó indisolublemente ligado a un proceso de formación estructurado escolarmente, programado, ejecutado y vigilado por la autoridad académica. Sin embargo, junto a la formación teórica humanística escolarizada, la práctica en talleres particulares y a la sombra de alguien experimentado también era necesaria, tal como se venía haciendo desde la antigüedad.

La educación general de los colegios, en manos de religiosos en España, era la única opción para quienes querían, bajo la supervisión del albañil, dedicarse a la construcción, una vez terminado el ciclo escolar general. Y por consiguiente en el reino de la Nueva España, se hicieron patentes las influencias del retraso académico. El primer intento de escolarizar la *enseñanza* de la Arquitectura culminó en 1781.

Pedro Navascuès Palacio, publica el contenido del manuscrito de Hernán Ruiz el joven, que posee la ETS de Arquitectura de Madrid, donde en el capítulo III EL LIBRO DE GEOMETRÍA, señala que:

*... Desde siempre supuso la geometría un conocimiento básico en el campo, tanto teórico como práctico, de la arquitectura. En 1526 ya advertía nuestro Diego de Sagredo, al comienzo de sus Medidas del romano, que «el buen architetto se debe proveer entre todas cosas de la sciencia de geometría», y la inclusión de su estudio como parte inicial de los tratados de arquitectura fue paso obligado.*<sup>64</sup>

Como institución neoclásica española, la tercera Real Academia fue la de las “Tres Nobles Artes” o “Bellas Artes” de Madrid (figura 36) que, fundada por Felipe V en 1744, fue inaugurada por su sucesor, Fernando VI, en 1752, figurando entre sus ministros Pedro José Pidal, académico de San Fernando por la Sección de Arquitectura. De aquí que los estudios de arquitectura alcanzaran muy pronto una vida propia e independiente de la mencionada Escuela de Nobles Artes, con lo que se fue haciendo cada vez más evidente la pausa producida entre la Academia y las enseñanzas artísticas. Desde 1744 en Madrid hasta 1785 en el reino de la Nueva España, habían transcurrido 41 años.

---

<sup>63</sup> Moulin, Raymond et al. *Op. cit.*, p. 17 y 18.

<sup>64</sup> *El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz, el joven*, Archivo Español de Arte, t. XLIV, núm. 175, 1971, págs. 295-331, XII Jáms., 10 figs. El manuscrito se guarda en la Sección de Raros de la Biblioteca de dicha Escuela, Signatura R-16. *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz, el joven Estudio y Edición Crítica* por Pedro Navascuès Palacio, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1974, p.8.

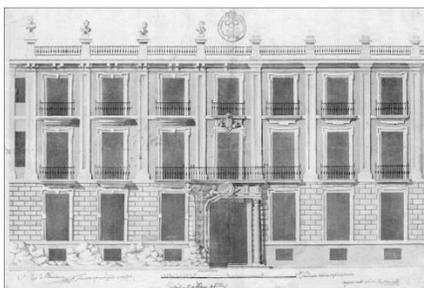


Figura 36. Diego de Villanueva. Dibujo de la fachada modificada de la Real Academia de BBAA de San Fernando (1773)

Se inscribe el discurso que constituye el acto ceremonial de apertura de la Real Academia de San Fernando, el día 13 de junio de 1752:

*(...) Pues quièn no ve, que fola esta Academia del Difeño fe abre una uniferfal Efcuela à todos los Eftudios, que firven de ornato, y defenfa a la Republica? A aquellos Eftudios, digo, que por fundarfe en Lineas, y Proporciones, no pueden mantenerse, ni perfeccionarfe, fi el noble arte del Dibujo no los fomenta y focorre. Por ventura fuera conocida la **Geometría**, y las demás Ciencias Mathematicas, fus hijas, fi les faltara la Delineaciòn, y las figuras, con que fe enseñan, y demuestran?(Arostegui, 1752).*

El anterior fragmento escrito en castellano antiguo, es parte del Acta de Apertura de la Real Academia de San Fernando de Madrid pronunciado, a nombre del Protector Eximo, Sr. D. Joseph de Carvajal y Lancaster, por el Viceprotector Don Alfonso Clemente de Arostegui. En él se destaca la importancia fundamental de la Geometría como *sistema de enseñanza* y base de estudios académicos. El emblema de la Academia —una corona real que sostiene tres coronas sobre un plinto triangular con un *compás*, un tiento y un pincel— está circundado por el lema en latín: *non coronabitur nisi legitime certaverit* (no será coronado quien no haya competido en buena lid).

En 1796 los directores informan al virrey de los programas de estudio en la Academia. A los arquitectos se les impartía clases de matemáticas con base en el curso de Benito Bails. Se estudiaba el arte de la montea con su cálculo para la formación de toda clase de bóvedas y arcos, en el tratado de Frèzier.

Con ello podemos aproximarnos al ambiente de *enseñanza* que prevaleció en San Fernando durante la segunda mitad del siglo XVIII, situación que para esta investigación reviste interés dada la relación directa con San Carlos en el reino novohispano. En las actas de 1753, se puede leer:

*Primera clafe.*

*Templo magnifico en honor del Santo Rey Don Fernando: planta, elevación de la fachada principal, y fesiòn interior, **todo geométrico**.*

*Segunda clafe.*

*Capilla magestuosa con cúpula: planta, elevación del Altar y fecciòn interior de un lado, **todo geométrico**.*

*Tercera clafe.*

*La fachada principal del Palacio de los Confejos defta Corte, con su planta, y **elevación geométrica**. (San Fernando, 1753)*

Siendo la asignatura que presenta en la época avances considerables en su sistematización y de utilidad práctica para las situaciones constructivas de las obras, eran el dibujo y la Geometría, estos últi-

mos cursos que se dictaban en la Academia, no pasaron sin problemas en cuanto a los planteamientos de obsolescencia o de pedagogía inapropiada para su aprendizaje. *El estudio de la geometría práctica se ha procurado por la Academia mejorar y abreviar en la sustancia y el modo. Estudiaban los jóvenes por manuscritos la geometría, y gastaban el tiempo en trasladar la materia de unos cartones que giraban de mano en mano (...).* (San Fernando, 1796: 20). Se imprimieron algunos cursos para intentar remediar la situación y se le pidió a Benito Bails llevar parte de la consigna. Uno de los textos revisados y editados por la Academia dice en sus objetivos de la asignatura:

### **Capítulo I**

#### **Del objeto de la geometría y sus principios.**

*La geometría es una de las partes de la Mathematica que considera à la cantidad desnuda de toda afectación sensible, sin entrar en la contemplación de su dureza, fluidez, ni de otros accidentes que la acompañan, y solo la contempla en cuanto es capaz de aumento ò disminución, sin separación de sus partes, y que comparada con otras de la misma naturaleza ò especie se puede llamar mayor o menor, igual o desigual, como se ha dicho en los proemiales de la Arithmetica.* (San Fernando, 1765)

El documento en su primera parte es explicado mediante la descripción escrita de problemas prácticos para solucionar asuntos de construcción de figuras geométricas, prismas, poliedros. Métodos para efectuar complicadas mediciones de edificios, árboles, vados, etc.; basándose sus soluciones en el manejo de ángulos equivalentes, triangulaciones, etc. La segunda parte del documento lo componen láminas con dibujos explicativos de estas soluciones prácticas. Por la fecha de publicación y el ámbito de *enseñanza* en el que se inscribe, es probable que estos cursos o planteamientos didácticos similares, hayan sido trasladados a San Carlos en el nuevo reino.

Después de la fundación de San Carlos en el reino de la Nueva España, la Academia de San Fernando se transforma a partir de 1848 en la Escuela Especial de Arquitectura, y posteriormente, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. A mediados del siglo XIX, es obligado replantear la *enseñanza* de la Arquitectura con bases más científicas. La primera acción es separar la carrera de arquitecto de la Academia. Se incluyen estudios técnicos que refuerzan el currículo hacia la eficiencia constructiva y se agregan clases de matemáticas y Geometría Descriptiva, entre otras.

El plan de estudios de la Escuela de Madrid correspondiente a 1845, nos indica la ubicación de la asignatura de Geometría Descriptiva cursada (Pedro Navascuès):

*Primero y Segundo año:*

*Aplicaciones de la **Geometría Descriptiva** a las sombras, perspectiva, corte de piedras y maderas.*

La *enseñanza* de la Arquitectura en México de una manera institucional se remonta al siglo XVIII, siglo que a nivel de gobierno correspondió a la casa real Francesa de los Borbones. Según Pedro Henríquez Ureña este fue “el siglo de mayor esplendor intelectual autóctono que ha tenido la Nación Mexicana”- la América Mexicana como era llamada en ese periodo- y aproximadamente comprendió de 1754 a 1859.

Los deseos de un tallador (grabador) de nombre Jerónimo Antonio Gil enviado al reino de la Nueva España por órdenes del rey Carlos III fueron la de fundar una Academia de Nobles Artes parecida a la de San Fernando en España. La Academia de las Tres Nobles Artes de San Carlos, como fue nombrada inicialmente, fue fundada el 4 noviembre de 1781 –en honor al rey Carlos III en el día de su santo-. Tiem-

po después, el propio rey le dio la categoría de “Real Academia” (figura 37), lo cual significaba que la institución recibiría fondos de la Real Hacienda.

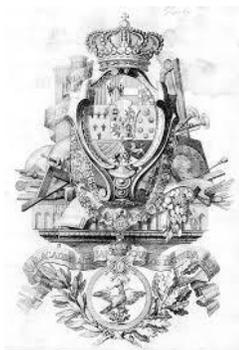


Figura 37. Fuente: Orden de Guadalupe on Twitter: "Escudo de Real Academia de San Carlos en la Nueva España. Aquí nacen los grandes grabadores de moneda @CasaMonedaMex..." twitter.com

Logra convencer Gil de su proyecto a Fernando José Mangino, superintendente de la casa de Moneda, y con su autorización presenta al virrey Don Martín de Mayorga un “Estudio público de Artes, la autorización de la corona, en que el rey Carlos III emite la cédula donde ordena fundar la Real Academia de las Nobles Artes de Pintura, Escultura y Arquitectura con el título de San Carlos de la Nueva España, bajo la inmediata soberana protección”<sup>65</sup>. El rey Carlos III, nombró mediante cédula del 12 y 18 de abril de 1786 como director de Arquitectura a Antonio González Velázquez, mientras que Miguel Constansò, nacido en Barcelona, aunque residente en el reino de la Nueva España, dirigiría el área de matemáticas, tan directamente ligada con la Arquitectura. Los primeros profesores de Arquitectura fueron Miguel Constansò y José Ortiz. Cabe hacer mención, en el caso de la Arquitectura la *enseñanza* da inicio en 1872 con las primeras lecciones de Geometría por parte de don Miguel Constansò.

España, prolífica en Academias militares, siguió el ejemplo francés, que transmitió tardíamente al reino de la Nueva España, aunque aquí nunca hubo Academias militares. Sin embargo, en forma paralela a la Academia, se desarrolló en 1774 el Real Tribunal y Colegio de Minas, solicitando al monarca español su creación, considerando muy necesario:

*...de quatro Maestros, el primero que enseñase en dos años y en nuestro idioma Español, la Aritmética, la Geometría y la Trigonometría, y de la de Algebra, lo suficiente para su aplicación a las referidas (Minería práctica)...También habrá Maestro de Dibujo...*<sup>66</sup>

Fueron necesarios todavía muchos meses para organizar los programas de clases. La Real Academia de San Carlos fue la encargada de seleccionar docentes para dibujo y Geometría.

No podríamos negar las grandes aportaciones -que a criterio de muchos docentes de la Facultad de Arquitectura- se deben a la Ingeniería Militar del siglo XVIII, como la *enseñanza* de Geometría Descriptiva, que transformó el campo de la construcción y del diseño en general, tan importante para la Revolución Industrial que se desarrolló en el siglo XIX.

<sup>65</sup> Alba, Ernesto, *Op. cit.*, p. 51.

<sup>66</sup> Ramírez, Santiago, *Datos para la Historia del Colegio de Minería*, Edición facsimilar de la original de 1980, SEFI-UNAM, México, 1982, p. 25.

### Enseñanza de la Geometría Descriptiva en la Escuela Mexicana de Arquitectura

No se pretende agotar aquí los temas referidos, ello sería función de otras investigaciones posibles. Los desarrollos sincrónicos de la situación en Europa y América tienen puntos de contacto que han moldeado la situación de la *enseñanza* de la Arquitectura y más concretamente, de la utilización de la Geometría Descriptiva no solo como asignatura académica, sino como sistema pedagógico de las Academias.<sup>67</sup>

La Real Academia de San Carlos fue reabierta en 1824 con el nombre de Academia Nacional de San Carlos (figura 38). Sus programas abarcaban tanto la Geometría Descriptiva como las matemáticas como patente influencia que la Ingeniería Militar había ejercido ya, en los programas de formación.



Figura 38. Fuente: <http://picssr.com/photos/isimanzano/page4?nsid=23653474@N08>

El 6 de enero de 1847 la Academia reinicia sus clases pensando en contratar como director de la Academia al arquitecto italiano Francesco Saverio, mejor conocido como Javier Cavallari exdirector de la Academia de Milán. Un grupo de maestros mexicanos mientras proponen un Plan de Estudios provisional para la Academia, entre los cuales se encontraba Vicente Heredia que impartía la asignatura de Geometría Descriptiva y Estereotomía utilizando como base al texto de Adhèmar. En la época de gestión de Cavallari (1856) en la *enseñanza* de la Arquitectura se impartía la materia de Estereotomía.

---

<sup>67</sup> Los impactos pedagógicos resultantes del “abandono” del dibujo (se añade y de la Geometría Descriptiva) como representante de la arquitectura, en épocas recientes, y el rumbo tomado hacia la preponderancia de los análisis del programa arquitectónico como *rector del proyecto* en las escuelas de arquitectura del País herederas de la Academia de San Carlos (como la Escuela Nacional de Arquitectura), parece no ser tema recurrente para las juntas de docentes. La diversificación y crecimiento en los tiempos asignados en el *currículum*, de disciplinas que atienden la *fenomenología* arquitectónica e intentan explicarla mediante teorías, así como la reducción considerable del tiempo real dedicado a la carrera de arquitecto por el sistema escolarizado, han propiciado que los docentes y discentes recurran al desarrollo de la retórica verbal como justificación de la situación actual de la enseñanza de la arquitectura. Rodríguez Pulido, Alfonso, *El dibujo en la enseñanza de la arquitectura. Las escuelas de arquitectura en México*, Universidad Politécnica de Madrid, ETSA, Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica, Tesis Doctoral, 1999. p. 83.

### Plan de Estudios para las carreras de Arquitecto, Ingeniero, Agrimensor y Maestros de Obras, en la Academia de Nobles Artes de San Carlos

Dado los antecedentes históricos que propiciaron la fundación de la Academia de San Carlos de México, los programas de estudios con los que inició actividades, corresponden a los de su Academia rectora: San Fernando de Madrid. En ésta, ya se consideran las tres nobles artes como condición en la integración de sus planes de estudios. Aprobado y mandado observar por el Supremo Gobierno<sup>68</sup>. En el capítulo I referente al Orden de los Estudios fechado el 14 de febrero de 1857 en México, dice en el artículo primero que: *...Los alumnos de la academia..., harán los siguientes estudios preparatorios: ..., dibujo geométrico, una hora...aritmética racional, álgebra y geometría, dos horas al día...*

El 3 de junio de 1863 durante el corto periodo del Imperio de Maximiliano la Academia se reabre con el nombre de “Imperial de las Nobles Artes”. En 1865 se realizan algunas reformas al plan de estudios de Cavallari. El Gobierno constitucional de Juárez promulga en 1867 la Ley Orgánica de Instrucción Pública y la Academia de San Carlos cambia el nombre de la institución por el más llano en Escuela Nacional de Bellas Artes (figura 39), que habría de mantener hasta 1929, y desde ese momento la carrera de arquitectura se estudia en esta nueva Escuela.<sup>69</sup>



Figura 39. Fuente: <http://www.wikimexico.com/articulo/la-academia-de-san-carlos>

Sin embargo los estudiantes de Arquitectura tomarían sus materias artísticas junto con los pintores y escultores y las técnicas con los Ingenieros. Para 1869 se restablece la carrera de ingeniero-arquitecto que se mantendría hasta el año de 1876, año en que se reintegra la carrera a la ENBA. En el año de 1897 se vuelve a aplicar el plan de estudios de Cavallari ampliándose a nueve años la carrera intentando resolver así el deficiente nivel académico de los discentes de nuevo ingreso.

Así, Olivares Correa dice, la “preocupación por la enseñanza y el aprendizaje de la Arquitectura, llevan a Guadet a proponer un artista-arquitecto”, quizá porque la realidad es compleja para comprenderla y el artista-arquitecto debe conocer los estudios científicos con su método, análisis y comprobación. Sin embargo, Guadet, reconoce que la ciencia no es lo principal para el arquitecto porque ella no puede proporcionarle imaginación, ingenio artístico, invención y gusto. No obstante hay que ser científicos, matemáticos. El estudio de la Geometría le resultaba fundamental porque el arte de la Arquitectura requiere del estudio de superficies y volúmenes. Pero asimismo la trigonometría, la geometría analítica, y sobre todo la Geometría Descriptiva, la estereotomía y la perspectiva, decía siendo docente del curso de teoría.<sup>70</sup>

<sup>68</sup> Tomado de: Manuel Francisco Álvarez, *El Dr. Cavallari y la carrera de Ingeniero Civil en México*, México, A. Carranza y Comp., Impresores, 1906, p.49-53.

<sup>69</sup> Ramírez, Fausto.

<sup>70</sup> Guadet, Julián, *Éléments et théorie de l'architecture*, Librairie de la Construcción Moderna, Quatrième Edition, París, s.f. Para ese trabajo ha manejado Olivares Correa una selección de textos traducidos y seleccionados por Ramón Vargas Salguero quien amablemente se los facilitó por ser inéditos. p.37.



## LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO ASIGNATURA

### 1.3 MARCO HISTÓRICO ACADÉMICO

#### 1.3.1 LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO ASIGNATURA ESCOLARIZADA

Después de que el ejército francés había clasificado los métodos de representación desarrollados por Gaspar Monge como de alto secreto, la Revolución francesa le da la oportunidad de fundar la *École Polytechnique* y la *École Normale*, dándole la ocasión de explicar por fin públicamente, su Geometría Descriptiva, en lecciones que serán publicadas en forma de libro en 1795 – y vertidas por vez primera a otro idioma en la traducción española de 1803, que se atribuye al célebre ingeniero Agustín de Betancourt.<sup>71</sup>

A partir de esta publicación en el siglo XIX la escuela politécnica francesa, hace de la Geometría Descriptiva el centro de las enseñanzas, de tal manera que la difusión fue inmediata, extendiéndose por la Europa continental, primero en las academias militares y después en todas las escuelas, dando un impulso extraordinario a todas las formas de diseño con la *enseñanza* de esta nueva asignatura, como consecuencia de un enorme número y calidad de tratados franceses de estereotomía. La mayoría de los discípulos de Monge, docentes de Geometría Descriptiva como; Vallée, Adhemar, Leroy, Javary, Lefebure, Babinet, Rollat, Oliver, Chaix, etc, superaron en difusión a los textos en español de Elizalde o Bustamante, todos ellos ingenieros, que hasta mediados del pasado siglo, eran aún consultados como textos básicos de la asignatura.

Por ejemplo de los autores mencionados se tienen en la biblioteca “Lino Picaseño” de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, actualmente los siguientes textos:

- 1 ejemplar del texto *Traité de géométrie descriptive* de A. Javary de los años 1889-1893 el cual no tiene registro de consulta.
- 2 ejemplares del texto *Traite de geometrie descriptive: précédé d'une introduction qui renferme la théorie du plan et de la ligne droite considerée dans l'espace* de Eugene Lefebure Fourcy de los años de 1812-1847 el cual tampoco registra consulta.
- 2 ejemplares del texto *Traité de géométrie descriptive: suivi de la méthode des plans cotés et de la théorie des engrenages cylindriques et coniques, avec une collection de 71 planches* de C.F.A. Leroy de los años de 1780-1854, el cual tampoco registra consulta.
- 1 ejemplar del texto *Geometría descriptiva* de Octavio Bustamante del año 1923 que de igual manera no registra ninguna consulta.

Los procesos de formación para los arquitectos durante el periodo virreinal conservaron características de sus antecesores indígenas y medievales, dejando siempre la preparación práctica al método de transmisión “maestro-aprendiz”, vigente desde tiempo inmemorial.

“La estructura escolarizada para la *enseñanza* de las artes, llegó tardíamente al reino de la Nueva España, iniciándose en 1781, como antecedente inmediato de la fundación de la Academia de San Carlos. Los avances técnico-científicos europeos se conocieron aquí, gracias a la Academia y el Colegio de Minas, pero sus efectos definitivos- la separación de Arquitectura e Ingeniería y la estructura escolarizada

---

<sup>71</sup> Gaspar Monge, *Géométrie Descriptive. Leçons données aux Écoles Normales de l'an 3 de la République*, París, Badouin, an VII (1799). Ya se habían publicado en el *Journal de séances* de la *École Normale*, pero ésta es la primera edición como libro independiente. La primera traducción a otro idioma es la española, en 1803. Véase E. Rabasa y J. M. Gentil, “Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España”, estudio introductorio previo a Gaspar Monge, *Geometría descriptiva* (facsimil de la trad. Española de 1803), Madrid, Col. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos, 1996, p. 55-93.

teórica y práctica como única opción se lograrían durante el siglo XIX. Finalmente, la transformación del oficio de constructor, para arquitectos e ingenieros, en carreras universitarias, se alcanzaría hasta el presente siglo”.<sup>72</sup>

La asignatura aunque tenía tintes de conocimientos de construcción, se interesaba casi siempre en demostrar cómo la teoría de la Geometría Descriptiva tenía en ese momento eficaz y brillante aplicación a la resolución de los problemas de Estereotomía. Las obras publicadas llevan los procedimientos al extremo de la elegancia y la perfección geométrica, y se ocupan no ya de alardes constructivos, sino de dificultades geométricas y abstractas de muy poco interés en la práctica, esto debido tal vez a que el corte de piedra para construir ya estaba en desuso por la introducción del hierro como material. A la vez, esta teoría demasiado perfecta del siglo XIX, se montó sobre unas reglas restringidas para mantener sólo las condiciones geométricas y despreciar todo tipo de determinaciones estáticas, es decir, de construcción.

También es cierto que esta resistencia a la permanencia de la Estereotomía en el siglo XIX, aun empleada como ejemplo de utilización de los científicos y estilizados métodos de control del espacio de la nueva Geometría, será la que se enseñe y estudien realmente los discentes de las escuelas de Arquitectura de Europa. Con esta nueva visión de la Estereotomía se aplicarán los nuevos métodos de la Geometría Descriptiva. Se hace evidente la asignación y utilidad de la Geometría Descriptiva en las Escuelas Técnicas Europeas -de aquí que el término de asignatura indique, establezca u otorgue aquello que corresponde en el siglo XIX donde en ella se descubrirán problemas geométricos hasta entonces irresueltos para aplicar los nuevos conocimientos que corresponden.

Para los sistemas de doble proyección ortogonal de Monge, como para la Estereotomía, la teorización llega con frecuencia cuando los hábitos de la práctica han resuelto de manera suficiente los problemas. Ésta viciada concepción disciplinar de la Estereotomía como puro ejercicio geométrico dominó la enseñanza técnica francesa y europea.

Conjuntamente con las enseñanzas de la Geometría Descriptiva llegó otra variante inseparable de ésta, los sistemas de representación gráfica (dibujo), pues también se dibujó en axonometría antes de sistematizar la idea de proyección diédrica y antes incluso de tener la garantía de que la axonometría es una proyección sobre un plano en todos los casos. Pero esto no quedó demostrado hasta mediados del siglo XIX<sup>73</sup>. Es a partir de este momento que la Geometría Descriptiva más sofisticada se desarrolla entonces (teoría), cuando la tradición del corte de piedras (práctica), de donde procede, pierde aún más peso en la práctica de la construcción. Los docentes franceses como Jules de la Gournerie, impartiendo la cátedra de Estereotomía en la Escuela Politécnica, se comienza a ocupar de las condiciones estáticas de las bóvedas construidas en piedra.

A partir de 1850 en la escuela de Arquitectura de Madrid se considera que la Estereotomía lo es de la piedra, la madera y el hierro, en el plan de estudios de 1886 es llamada Estereotomía *completa*, porque un borrador proponía que fuera sólo *elemental* (abstracta), y en plan de 1896 se piensa que la asignatura debe ser denominada *estereotomía arquitectónica*; desaparecerá en el plan de 1914 para quedar asumida por la asignatura de Construcción.

---

<sup>72</sup> Chanfón, Olmos Carlos, *La formación de los constructores durante la época virreinal*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.25.

<sup>73</sup> El enunciado es sencillo, pero la demostración mantuvo ocupados a importantes geómetras durante varios años alrededor de 1860; se trata del llamado teorema de Pohlke. Loria, Gino, *Storia della geometría descrittiva*, p. 429.

### 1.3.1.1 La Universidad Nacional Autónoma de México, ANASC – ENBA – ENA - FA Currículo y Planes de Estudios

...En nuestro país, en el año 1784, se establece la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos con la apertura de clases de pintura, escultura, arquitectura, grabado y matemáticas. En cuanto a la **enseñanza**, el estudio de la aritmética y la **geometría** fue **requisito para todos los alumnos**. La enseñanza teórica de la arquitectura se centró en torno a las matemáticas y la práctica en el dibujo de edificios de la antigüedad. Además del aspecto didáctico, la Academia recibió la facultad de autorizar las nuevas construcciones de la ciudad.<sup>74</sup>

El marco de estudio de esta investigación, centra en la ENA ahora Facultad de Arquitectura de la UNAM<sup>75</sup> uno de los análisis correspondientes a la situación de la Geometría Descriptiva como asignatura específica incluida en las transformaciones de los planes de estudio de la carrera de arquitecto, atendiendo a la ENA como la escuela que en línea directa es heredera de la tradición de la Academia mexicana en la *enseñanza* de la Arquitectura. Su historia como institución no es posible apartarla del desarrollo del sistema de escuelas del país. Analizar las cuestiones de *enseñanza* de la Geometría Descriptiva como parte esencial de la arquitectura en México sin la consideración del papel protagónico de la FA en todas sus etapas de transformación, representará un esfuerzo carente de sustento.

Recordemos que las tres primeras décadas del siglo pasado, la ENA fue la única escuela de Arquitectura del país, en consecuencia va a ser la que ejerza una mayor influencia en la fundación de las escuelas de Arquitectura del país, tanto en la orientación de los planes y programas de estudio como en el suministro de docentes. Lo que prevalece hasta hoy en la mayoría de los centros de enseñanza.

La *enseñanza* de la Arquitectura es un producto de la historia, sin embargo, en la época actual con la incursión de la era digital se tiende a confusión y por ende a perderse las nociones básicas en cuanto a la asignatura de la Geometría Descriptiva, de tal manera que predominan los esquemas que obstruyen el conocimiento, se requiere una comprensión espacial, y ésta de un lenguaje en que se apoye el pensamiento, el literario y el matemático son indispensables, y de éstos, sobre todo el geométrico, que es el más adecuado para la expresión de espacio, el tiempo y de las formas materiales con síntesis adecuada, por eso resultan importantes las representaciones gráficas. Los problemas y esta confusión sobre la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva afectan a la *enseñanza* de la Arquitectura en la Facultad de Arquitectura.

Por lo que se observará a través de los años, los cambios en la posición de la asignatura de lo gráfico, se registran incluso en la designación de sus apartados en los planes y programas de estudio, lo que reviste importancia a la formación en una disciplina donde la Geometría y el representarla han estado en el centro de la didáctica. El análisis de la situación basada en los planes de estudio que históricamente indican sus respectivos contenidos académicos, encuentra datos por demás interesantes.

En este caso, un momento de particular interés es el análisis curricular de la asignatura de la Geometría Descriptiva dentro de los planes de estudio de la carrera de Arquitectura desde sus orígenes, comenzando por el de 1847 y 1857, deteniéndonos para su análisis en los de 1902, 1938, 1976, 1981, 1992 y 1999, concluyendo con actual del 2017.

---

<sup>74</sup>Tank de Estrada, Dorothy. *Tensión en la Torre de marfil. La educación en la segunda mitad del siglo XVIII mexicano*. En: Josefina Z. Vázquez. Ensayos sobre la historia de la educación en México, El Colegio de México.

<sup>75</sup> Como parte del análisis de los planes de estudio, también se consultó, a manera de muestreo el de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada en España.

### (1847 – 1856) Planes de Estudios de la Academia de Nobles Artes de San Carlos

No se pretende aquí explicar la organización académica, sino exclusivamente como ha incidido la Geometría Descriptiva en todos los planes de estudio desde la Academia de las Nobles Artes de San Carlos del reino de la Nueva España hasta la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Se prefiere resaltar la parte operativa de la instrucción, en el sentido de la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva y, su relación desde luego, con el medio circundante.

Nos remite Thomas A. Brown que “para 1790 la Academia de San Carlos había llegado a ser algo más que una institución de enseñanza”<sup>76</sup>. Será Manuel Tolsà, la gran figura de la Academia, que en 1793 ganó el grado de académico merito en Arquitectura, recibiendo la Academia un nuevo impulso<sup>77</sup>. Tolsà se jubiló en 1810, aunque retomó en 1812 como director de Arquitectura.

Hacia el año de 1844 Joaquín Heredia entonces Director de Arquitectura que como se ha mencionado impartía la asignatura de Geometría Descriptiva y Estereotomía, había elaborado un reglamento que fue la base para la elaboración de los planes de estudio de 1847. Hasta aquí, lo que se pretendió, fue dar un reordenamiento de las asignaturas, siguiendo los lineamientos iniciales, desde la fundación de la Academia. Estos planes estuvieron vigentes hasta 1856 (fecha histórica para el desarrollo de la Arquitectura Mexicana), y los primeros años de estudio comprendían las siguientes asignaturas:

<b>Primer año</b>	Aritmética	Algebra	<b>Geometría</b>	Dibujo al natural
<b>Tercer año</b>	Mecánica		<b>Geometría Descriptiva</b>	Dibujo de arquitectura
<b>Cuarto año</b>	Mecánica de la construcción	Construcción práctica	<b>Estereotomía</b>	Composición de arquitectura

Como se observa la carrera de arquitecto se basaba prácticamente en asignaturas que le correspondían a la carrera de ingeniería civil, incluyendo a las Geometrías (plana, analítica, descriptiva) y a la Estereotomía todas en los primeros años de la *enseñanza*. Para 1856 este plan se transformó, pero la carrera de arquitecto estaba integrada con la carrera de ingeniería civil, es decir, la Arquitectura prácticamente estaba sometida a la ingeniería mediante una fusión en la que claramente se favorecía a la ingeniería. Esto se observará en el Plan de Estudios de 1857. Tal fusión para algunos se debía simplemente a que se buscaba retornar a un concepto tradicional de la Arquitectura y brindar integrarse como fuerza productiva respondiendo al desarrollo del capitalismo en nuestro país, necesitando de los aspectos técnicos de la profesión para aplicarse en las vías de comunicación nacientes y en las incipientes industrias.

El nuevo plan de estudios de 1857 (I. Comonfort elabora una nueva Constitución Política en este mismo año) se componía de 7 años de estudio (importante, primero se impartía un curso elemental de un año en matemáticas y dibujo de ornato, de figura y *Geometría*). Y el aspirante con 14 años de edad mínimo, tenía que aprobarlos para continuar los 7 restantes años profesionales. Que quiere decir esto, que la profesión de arquitecto comenzaría recién egresado de la educación primaria básica.

<sup>76</sup> Brown, Vol. II., p.35 y 35.

<sup>77</sup> Báez, Macías, p.52. “Los académicos que residan fuera de México podrán ejercer libremente sus profesiones, sin que ningún tribunal ni juez, puedan ser obligados a incorporarse en gremio alguno...Y si algún académico se incorporase en algún gremio, por el mismo hecho quede privado de ese grado y de todos sus honores y privilegios”.

**(1857 – 1867) Planes de Estudios de la Academia de Nobles Artes de San Carlos**<sup>78</sup>

El Plan de Estudios constaba de lo siguiente:

	Asignaturas				
<b>Primer año</b>	Trigonometría rectilínea y esférica y geometría analítica	Ornato arquitectónico, alternando Física	Dibujo y explicación de los órdenes clásicos de arquitectura		
<b>Segundo año</b>	Secciones cónicas	Introducción al cálculo, Calculo diferencial e integral	Copia de monumentos de diferentes estilos	Química inorgánica	
<b>Tercer año</b>	<b>Geometría Descriptiva</b> (dos horas diarias)	Mecánica racional	Composición y combinación de las partes de un edificio	Elementos de geología y minerología	Topografía
<b>Cuarto año</b>	<b>Aplicaciones de la Geometría Descriptiva</b> (dos horas diarias)	Dibujo de máquinas (Dibujo técnico representado por medio de montañas)	Teoría estática de las construcciones	Arte de proyectar	
<b>Quinto año</b>	Instrumentos geodésicos y su aplicación a la práctica	Mecánica aplicada	Teoría de las construcciones y estática de las bóvedas	Composición de los edificios civiles y religiosos	Estética de las Bellas Artes e historia de la arquitectura

Fuente: Vargas Salguero, Ramón y Arias Montes, J. Víctor, *Ideario de los arquitectos mexicanos, Tomo I Los precursores*, IEP-SA, 2010, p. 46. *Tabla: J. E. Ramírez A.*

En la Ley Orgánica de la Instrucción Pública en el Distrito Federal<sup>79</sup> siendo presidente Benito Juárez expide en el capítulo II [...] De bellas artes en su Art. 14. En esta escuela se enseñarán las siguientes materias: Para profesores de arquitectura...Geometría descriptiva aplicada. Y continúa el documento expresando en su Art. 37., que los arquitectos, para obtener el título, necesitan haber sido examinados y aprobados en los ramos siguientes: De estudios preparatorios como la Gramática española, latín, francés, italiano, aritmética, álgebra, *Geometría*...**Geometría** analítica y **descriptiva** de entre 21 ramos más, además se tenían que examinar en Estudios profesionales donde la Geometría descriptiva aplicada estaría presente de entre otras 19 asignaturas más.

<sup>78</sup> Katzman, Israel, *Arquitectura del siglo XIX en México*, T.I. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, 1973, p. 53.

<sup>79</sup> *Diario oficial del Gobierno Supremo de la Republica, México*, tomo I, número 110, 7 de diciembre de 1867, p. 1-3.

## (1902) La Escuela Nacional de Bellas Artes (antigua Academia de San Carlos) y el Proyecto de Plan de Estudios para la enseñanza de la Arquitectura en México



Figura 40. Portada del *Proyecto de Plan de Estudios para la enseñanza de la Arquitectura en México*. Por Nicolás Mariscal y Samuel Chávez, *arquitectos, Méjico, 1902*. Fuente: Vargas Salguero, Ramón y Arias Montes, J. Víctor, *Ideario de los arquitectos mexicanos*, Tomo I Los precursores, IEP-SA, 2010, p. 300.

Los autores del Plan, Nicolás Mariscal y Samuel Chávez (figura 40), presentaron a Justo Sierra las causas que motivaron su iniciativa. Entre algunas estaban el bajo nivel de los arquitectos egresados de la Escuela Nacional de Bellas Artes, la problemática confusión creada por el Plan de Estudio anterior (1897) para diferenciar entre el ingeniero y el arquitecto y una preocupación por deslindar “los campos de acción del arquitecto científico y de la ciencia”<sup>80</sup>

El contenido del Plan presentaba las propuestas de los estudios que se deberían cursar y las materias que no se deberían impartir explicando porqué y la manera como deberían agruparse de acuerdo a un orden, contenido y complejidad así como el horario de clases, porque consideraban que el actual Plan de Estudios adolecía de deficiencia y desorden. Lo que les preocupaba era en sí el Plan de Estudios, trataron de analizarlo desde la perspectiva de *Qué se enseña* y no *Cómo se enseña* en la Escuela de Bellas Artes. Mariscal y Chávez echaban abajo el Plan de Estudios positivista de la Arquitectura que pretendía obtener un rango mayor gracias al estudio de las matemáticas – ocupan un puesto secundario no obstante su importancia- que serían, excesivos y superfluos o escasos e incompletos en muchas otras áreas. Sin embargo, la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva seguía ahí en el nuevo Plan de Estudios propuesto, a pesar de que en última instancia lo que se tenía que someter era lo científico sobre lo artístico.

Argumentaban que las matemáticas mataban al sentimiento estético y encadenaban a la imaginación, llevando el conocimiento científico al agobio. Por otro lado estaban quienes defendían a las matemáticas, los que no estaban de acuerdo con la crítica que rechazaba al sobre estudio de ellas. No aceptaban que ellas “ramo supremo de toda educación y toda enseñanza” fuesen las causantes de las deficiencias en la *enseñanza* de la Arquitectura, y que le dieran razón desde la teoría general de la Arquitectura a la comprensión y hasta la composición. No obstante la Geometría Descriptiva como parte de las matemáticas continuaba ahí, sin inmutarse, como desapercibida, escondida **sin saber si era parte de la teoría archi-**

---

<sup>80</sup> Mariscal, Nicolás y Chávez, Samuel, *Proyecto de Plan de estudios para la enseñanza de la arquitectura en México*, Tip. y Lit. La Europea de la Aguilar Vera y Compañía (S. en C.) México, 1902, p. IV.

**tectónica o de las ciencias matemáticas.** Mariscal y Chávez planteaban que las matemáticas eran secundarias, y que las habían desplazado con el fin de enaltecer a la estética.<sup>81</sup>

Los docentes buscando perfeccionar la propuesta del Plan de Estudios sugirieron una lista de asignaturas apoyadas en una serie de libros, que no hacían más que repetir lo propuesto por Mariscal y Chávez. Para *aprender* Geometría Descriptiva proponían el libro de *Geometría Descriptiva, Estereotomía, sombras y perspectiva* de Jules Pillet y el libro de *Perspectiva y sombras* de Planat.

Dentro de la asignatura de Geometría Descriptiva y Estereotomía, el docente que la impartía era José Rivero desde 1902. El 2 de febrero de 1903 entra en vigor un nuevo Plan de Estudios, bajo la dirección de Antonio Rivas Mercado, este plan recoge asignaturas del anterior, donde aparece como asignatura específica la Geometría Descriptiva. En el documento, se remarca la importancia de proponer el método Pillet, que fungirá como epígono de los conceptos de Geometría Descriptiva sistematizados por Gaspar Monge. Este plan estaría vigente hasta 1911, y parece que se agrupa la Geometría Descriptiva en el área de conocimiento de Medios de Expresión Gráfica.

Los arquitectos académicos porfiristas se preocuparon por impregnar la didáctica escolar del sentido histórico que había hecho suyo en el Plan de Estudios. Y fueron cuatro; una de ellas era la “IV.4 La Composición de la Enseñanza en su conjunto”.

El Plan de Estudios lo organizaron en función de dos criterios básicos: El primero consideraba la actividad de componer como rectora de todo el proceso educativo y esta se debe llevar en un “taller”. En esta labor convergen **todos los demás aprendizajes y habilidades**, y que por otra parte no debería ser iniciada por los discentes sino hasta el momento en que poseyeran los conocimientos previos mínimos indispensables. Y ¿Cuáles eran éstos? Al respecto dijeron Mariscal y Chávez en el citado plan de 1903:

*(...), pues poseerán los principios fundamentales del arte...Por otra parte, ya les serán familiares todos los medios de expresión: el dibujo perspectivo y el **dibujo geométrico o lineal**, juntamente con la **ciencia** que, valiéndose de éste, **resuelve** en el papel **todos los problemas** de la extensión.*

Así, para componer (diseñar o proyectar hasta el tercer año), deberían tener en mente “todos” los diversos factores, aspectos o elementos que en él intervienen, como la Geometría Descriptiva, que habrían aprendido a manejarlos con destreza en los tres años iniciales, considerando además el año preliminar. El fruto didáctico de una práctica así organizada, sería de una gran riqueza, pensaban ellos.

En el documento presentado, incluyen un apartado a los *estudios científicos* para el primer año profesional, donde exponen que “es necesario que el alumno comience los estudios que comprenden la construcción, y que constituyen” lo que podrían llamar propiamente hablando la ciencia del arquitecto (Vargas Salguero, 2010: 327). Estos conocimientos donde enmarcan o acotan a la enseñanza de la Geometría Descriptiva, llegan a determinar el orden en que conviene enseñar los denominados conocimientos científicos. Los delimitan relativamente a la construcción, en este sentido se verá que unos son en absoluto *indispensables para el acto mismo de componer*, en consecuencia estos se deben suministrarse antes de estudiar la composición.

Se observará en este texto que la Geometría Descriptiva forma parte de estos conocimientos científicos para poder disponer un proyecto “dibujado de modo que sea posible aplicar a cada una de sus partes los procedimientos especiales de construcción. Para ello se necesita, ante todo, tener las verdaderas

---

<sup>81</sup> Agea, Ramón et al., *La enseñanza de la arquitectura en México Observaciones*, en Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, 1903, T XI y XII, p. 155.

magnitudes tanto del proyecto en conjunto como de los diversos miembros que hay que ir ejecutando” (Vargas Salguero, 2010: 328). Para eso no cabe duda que hay que recurrir a un dibujo que represente las verdaderas magnitudes, al dibujo lineal o técnico.

A efecto de obtener esas magnitudes verdaderas nos refieren Mariscal y Chávez; “se tiene que resolver diversos problemas a los elementos de extensión, situados de una manera cualquiera en el espacio; el estudio de la solución de género de problemas es el fundamento para construir y constituye la ciencia que se llama “Geometría Descriptiva”, ciencia de la que *deben* los alumnos haber adquirido ya en el estudio del dibujo lineal de la Escuela Preparatoria” (Vargas Salguero, 2010: 328). Y se confirma que, como todo lo que sirve de base, apremia consolidarlo en estudios de cabal extensión.

Los docentes argumentan lo que para ellos debe ser la enseñanza de la asignatura dentro de la escuela:

*...La enseñanza de la Geometría Descriptiva debe ir seguida –en la misma cátedra– de la de su principal aplicación, la Estereotomía o sea el arte de descomponer una construcción en partes tales que puedan ser formadas por los materiales de que se dispone dada la magnitud común de ellos; partes que por su simple yuxtaposición se mantengan en equilibrio al formar el conjunto.* (Vargas Salguero, 2010: 329)

Continúan explicando del tiempo que hay que dedicarle al estudio de la Geometría Descriptiva;

*...Debe tenerse presente que el mayor tiempo habrá de dedicarse a la Geometría Descriptiva, supuesto que interesa conocer la Estereotomía casi sólo desde el punto de vista de los progresos de la construcción.*

Y para ello recomiendan en su propuesta que las cátedras de, “la alternada de Geometría Descriptiva y Estereotomía”, la alternada de “Teoría de sombras y Perspectiva” y la alternada de “Construcción”: 3 horas, es decir, serían las asignaturas con más horas de enseñanza, ciertamente porque son asignaturas en que hay que atender a la palabra del docente, pues es anti didáctico, que esa operación intelectual es infructuosa después de transcurrida una hora de clase, sino las que requieren la ejecución en trabajos gráficos que demandan mucho tiempo. La duración de esta asignatura estriba todo en el provecho que se desea para los discentes. Por tanto, La Geometría Descriptiva y la Estereotomía, “son las materias absolutamente indispensables en el 1er año para que haya un orden lógico en los estudios, son el tronco de que se desprenderán las otras asignaturas a manera de ramas; en efecto, veremos que las de los años siguientes serán la continuación y la consecuencia de las del 1er año”. (Vargas Salguero, 2010: 329)

En los Programas de las materias de Primer año, según el Proyecto de Plan de Estudios están la Geometría Descriptiva y la Estereotomía que dice:

Mediante el dibujo:

I. Representación de los elementos de la extensión. Estudio en la montea de las combinaciones de los elementos de la extensión. Traducción de los resultados de la montea, llevándolos al espacio. II. Procedimiento general para resolver todo problema de Estereotomía. Muros. Bóvedas. Escaleras. (Vargas Salguero, 2010: 331)

Entre 1903 y 1911 se ha encontrado en materia de Geometría Descriptiva los siguientes títulos. Obras compradas:

- Pillet, J.J. *Stabilité des constructions, Estéréotomie.*
- Pillet, J.J. *Traité de Perspective Linéaire.* Precede Tracé des Ombres Usuelles, 1901.
- C.F.A Leroy, *Traité de Stéréotomie, comprenant Les applications de la Géométrie Descriptive.*, tome premier-texte, París, 1898. 11 de enero de 1913, biblioteca de la Academia Nacional de Bellas Artes.

Como se ha venido acotando, Mariscal y Chávez deseando precisar la verdad en cuanto lo bueno y lo vulnerable de la institución, fácil les resulta atestiguar los defectos del Plan de Estudios, por ejemplo, de los primeros cinco años de la carrera donde está ubicada la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva, ellos dedican una extensa crítica a los estudios matemáticos. Sin embargo, elevan a lo máximo de la carrera a la composición. De los cuatro últimos años de la carrera donde está inserta la Estereotomía (corte de piedras) los autores del Plan analizan y critican que:

*...es también materia en la que se peca por exceso enseñándola en un curso separado, constituye tan sólo una sencillísima apelación de la Geometría Descriptiva que, enseñada con toda la importancia y toda la extensión que merece, debía tener como aumento únicamente los problemas generales de la Estereotomía, pues en la época actual aquellos complicados problemas del corte de piedras en las bóvedas, en las escaleras o en los intrincados pasillos medioevales, se resuelven con la mayor facilidad gracias a los adelantos de la carpintería metálica. El aprendizaje de la Estereotomía ya no tiene en realidad otro objeto sino mostrar una interesante aplicación de la Geometría Descriptiva, desde el punto de vista histórico de la construcción; por lo demás, con el profundo conocimiento de la Geometría Descriptiva y de los métodos generales de la Estereotomía, el alumno es capaz de resolver los más complejos de corte de piedras sin que tenga que enseñarse especialmente en una cátedra.*<sup>82</sup>

He aquí la razón por la cual analizan y no critican el contenido de la Geometría Descriptiva en los primeros años, por considerarla que tiene aplicación, aun y que sea considerada como conocimiento científico relacionado con el exceso de enseñanza matemática.

### Trascendencia del Plan de Estudios de 1902

A lo largo de la gestión del arquitecto Antonio Rivas Mercado como director de la Escuela Nacional de Bellas Artes, el Plan de Estudios de 1903 fue constantemente revisado, incluso después de haber terminado su gestión, en 1912 la comisión revisora consideró que “el plan de la carrera de arquitecto es sustancialmente adecuado”, donde el plan era el siguiente:

### (1903) Plan de Estudios de la Escuela Nacional de Bellas Artes (antigua Academia de San Carlos)

ASIGNATURAS					
<b>PRIMER AÑO</b>	Resumen sintético de matemáticas	<b>Geometría Descriptiva</b>	Materiales, artículos y útiles de la construcción	Dibujo arquitectónico	Dibujo de imitación
<b>SEGUNDO AÑO</b>	Mecánica ordenada a la construcción	<b>Trazo de sombras, perspectiva y estereotomía</b>	Teoría de la arquitectura		2° año de dibujo de imitación

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios 03 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

Este plan, según Nicolás Mariscal, siguió prácticamente siendo el mismo hasta 1924. “había de seguir siendo el mismo en el *fondo* para lo futuro [...] en la *forma* a fin de [...] añadiendo, acortando a esta o aquella materia, variando el orden de la misma, modificando la pedagogía correspondiente, en una palabra, *perfeccionando*.”

<sup>82</sup> Vargas Salguero, Ramón y Arias Montes, J. Víctor, Ideario de los arquitectos mexicanos, Tomo I Los precursores, IEP-SA, 2010, p. 308.

## La enseñanza de la Arquitectura entre 1910 y 1929 en la Academia de San Carlos de la Universidad Nacional de México<sup>83</sup>

En Guadalajara, se reunió el Congreso de Artistas-Soldados en 1915, en donde participa un arquitecto, Don Francisco Centeno, que como militar llegara a Coronel y como docente a director de la Escuela de Arquitectura de 1929 a 1933, Fue además un célebre docente e investigador de Geometría Descriptiva, en que son notables sus avances sobre superficies de revolución y alabeadas.

La *enseñanza* de la Arquitectura en el seno de la Academia tenía una dimensión, intensidad y métodos que hoy nos parecen inconcebibles. De forma simple, se puede decir que la *enseñanza*, centrada en la Academia de las Bellas Artes de París y sus formas historicistas del corte de la piedra y cánones de Vigñola, etc., era decadente y la vida nueva de aquel entonces, como la nueva vida del presente, sustituye la creatividad original y novedosa Arquitectura del movimiento moderno entre 1917 y 1933 al movimiento posmoderno y ultramoderno del siglo XXI con las nuevas tecnologías. Pero esto no ha sucedido así nada más, y hoy cabría reconsiderarse si todo el *método académico* debía ir a parar al basurero del olvido y la ignorancia.

En el Taller de Composición, la formación del futuro arquitecto, era una calculada secuencia, progresiva y rigurosa del “dominio” del dibujo, la *Geometría* y la composición, donde el “Piranesi” libro que celosamente se guardaba en la biblioteca Don Lino Picaseño. Era una formación como un ritual, como el de saber restirar el papel, trazar a lápiz, el lavado de escuadras y las escalas gráficas, viéndolo hacer a los de los años superiores.

La Geometría Descriptiva enseñaba a hacer los levantamientos de los elementos compositivos en los edificios (en sitio) así lo dictaría la asignatura llamada Levantamiento de Planos y Nivelaciones, con escaleras, cuerdas y un “metro” en la mano y la libreta de apuntes en la otra. Haciéndolo en equipo, en medio de un ambiente agradable, pero con el orden lejano del “modo riguroso” que exigían los docentes...y por supuesto la tradición; inculcándose así de pasión y oficio, poco a poco, pero definitivamente. Era un aprendizaje lento, aprendiendo a hacer, a través de aprender a observar, a medir, a representar y a integrar lo que se conoce, se “levanta” y se dibuja. Y a encontrar en ello, las leyes implícitas de la Geometría Descriptiva, de su funcionamiento espacial de las armonías correctas. En fin aprendiendo un “oficio de Arquitecto” por la vía geométrica académica.

---

<sup>83</sup> González Lobo, Carlos, *La enseñanza de la arquitectura en México entre 1910 y 1929 en la Academia de San Carlos de la Universidad Nacional de México*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.46.

### (1922) Plan de Estudios para la carrera de Arquitecto ENBA<sup>84</sup>

El número de asignaturas ha aumentado, no así el número de cursos de Geometría Descriptiva. La intención de la experiencia parte de un supuesto: el dominio inicial del oficio particular. Parece que quienes determinaron los planes y programas de estudio actuales, pretendían incluir al interior de las escuelas, todas las disciplinas posibles, es decir, abarcar lo más posible los temas que en arquitectura se deban saber. Lo que hace más compleja la enseñanza así diversificada, tal vez menos efectiva, respecto al nivel de atención de la profesión en específico.

En la nota editorial del Plan se refiere a los jóvenes que tendrán que “recordad que existe una facultad donde se os provee de las *armas necesarias* para ello” (para construir), donde en la Sección de Arquitectura de la Academia Nacional de Bellas Artes “se os somete a las *disciplinas indispensables* para que obtengáis en la dura lucha social los resultados que apetecéis”. Y esa arma como disciplina necesaria e indispensable la cursaran en el primero y segundo año como se publicó el programa de conocimientos técnicos y artísticos que se impartió en esa época en la Academia.

ASIGNATURAS								
<b>PRIMER AÑO</b>	Levantamiento de Planos y Nivelaciones	Mecánica General y Cálculo Gráfico	<b>Geometría Descriptiva</b>	1º. Historia del Arte	Modelado	1º. de Dibujo Preparatorio del Natural	Teoría de la Arquitectura	Dibujo Arquitectónico
<b>SEGUNDO AÑO</b>	Conocimiento de Materiales y Útiles de Construcción	Estabilidad de las Construcciones	<b>Estereotomía y Perspectiva</b>	2º. Historia del Arte	1º. de Estilos de Ornamentación	2º. de Dibujo Preparatorio del Natural	1º. Arquitectura Comparada	Composición de Elementos de los Edificios

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios '22 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

### (1928) Plan de Estudios para la carrera de Arquitecto ENBA<sup>85</sup>

ASIGNATURAS							
<b>PRIMER AÑO</b>	Mecánica General y Cálculo Gráfico	<b>Geometría Descriptiva y trazado de sombras</b>	1º. Historia del Arte	Ornato Modelado	1º. de Dibujo Preparatorio del Natural	Teoría de la Arquitectura	Dibujo Arquitectónico
<b>SEGUNDO AÑO</b>	Estabilidad de las Construcciones	<b>Estereotomía y Perspectiva</b>	2º. Historia del Arte	1º. de Estilos de Ornamentación	2º. de Dibujo Preparatorio del Natural	1º. Arquitectura Comparada	Composición de Elementos de los Edificios

Prácticas obligatorias durante 30 días, hechas en las obras al fin de cada año.

Tabla: J. E. Ramírez A.

<sup>84</sup> *El Arquitecto*, México, Sociedad de Arquitectos Mexicanos, número 3, noviembre de 1923, p. 1.

<sup>85</sup> Alva Martínez, Ernesto, *La enseñanza de la arquitectura en México en el siglo XX*, en *Cuadernos de arquitectura y conservación del Patrimonio artístico*, México, número 26-27, INBA, 1983, p. 59.

### La metamorfosis de la ENBA a la ENA

En el proceso de transformación a Escuela Nacional de Arquitectura ENA en sus comienzos en el año de 1929, año de la Autonomía Universitaria, no cambian los planes y programas de estudio bajo los que se regían y regulaban los estudios en la Escuela Nacional de Bellas Artes ENBA en el edificio de San Carlos, y la enseñanza de la Arquitectura en la Academia se centraba en el Taller de Composición, a imagen y semejanza de la École de Beaux-Arts de París, hito superior de la educación arquitectónica.

En la Academia, hay por tanto, cambios y radicalización. Se lanzan manifiestos ya olvidados que ocurren en medio de las agitaciones estudiantiles de finales de 1928 y los primeros meses de 1929, precursores de la huelga por la reivindicación de la Universidad Nacional y que culminaron con el otorgamiento de la Autonomía a la Universidad, siendo presidente provisional el Lic. Emilio Portes Gil. Y con el Consejo Universitario de la Autonomía se ve obligada la Academia a escindirse. De esta manera se crea la Escuela Nacional de Arquitectura, y como su primer director Don Francisco Centeno (21 de agosto), que era un arquitecto sin trayectoria notable, pero sumamente apegado a la docencia, a la que entregó prácticamente toda su vida como se ha mencionado de docente de Geometría Descriptiva.

No había por qué preocuparse por el plan de estudios: estaba bien, es más, era práctica y pragmáticamente inmejorable. Y por eso, al conformarse con los conceptos más sólidos, es que el plan de 1922, no había que hacerle muchas mejoras. Así, pues, la estructura didáctica permanecería la misma: En el área de los estudios preliminares se les enseñaban las asignaturas que **necesitarían** más tarde, en los dos años finales, para **poder componer con maestría**: La Geometría Descriptiva en primer término y Estereotomía entre otras, nos refiere Ramón Vargas Salguero.<sup>86</sup>

En el año de 1928, la Escuela de Arquitectura da a luz un nuevo plan de estudios, se presentan insignificantes modificaciones de ubicación de asignaturas entre ellas la de Geometría Descriptiva. A Francisco Centeno puede atribuírsele un nuevo plan de estudios, en el que sorpresivamente desaparecen asignaturas consideradas hasta esos momentos inamovibles, pero como Geómetra, su asignatura se mantiene estable.

### (1931) Plan de Estudios para la carrera de Arquitecto ENA<sup>87</sup>

	ASIGNATURAS							
PRIMER AÑO	Mecánica General y Cálculo Gráfico	<b>Geometría Descriptiva y trazado de sombras</b>	Historia del Arte	Ornato Modelado	Dibujo Preparatorio del Natural	Teoría de la Arquitectura	Dibujo Arquitectónico	Topografía del arquitecto
SEGUNDO AÑO	Estabilidad de las Construcciones	<b>Estereotomía y Perspectiva</b>	Historia del Arte	Análisis gráfico de las estructuras arquitectónicas, su ornamentación y decoración	Dibujo Preparatorio del Natural	Arquitectura Comparada	Composición de Elementos de los Edificios	

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios 31 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

<sup>86</sup> Vargas Salguero, Ramón, *La Revolución pedagógica de la arquitectura. Los años procelosos. 1920-1939*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.58.

<sup>87</sup> Alva Martínez, Ernesto, *La enseñanza de la arquitectura en México en el siglo XX*, en *Cuadernos de arquitectura y conservación del Patrimonio artístico*, México, número 26-27, INBA, 1983, p. 122.

Un punto importante a destacar es el nombramiento en octubre de 1931, de Narciso Bassols como Secretario de Educación. Poco tiempo después de su nombramiento da conocer el concepto que tenía de la técnica como uno de los recursos más idóneos para sacar al país adelante, contrastándola, erróneamente, con la que él suponía era su antípoda, la educación universitaria. A su vez con una velocidad pocas veces vista, la Sociedad de Arquitectos Mexicanos (SAM) se apresuró a exponer pruebas y argumentos para demostrar o justificar una cuestión básica:

*... Los conocimientos técnicos, como solución única de la necesidad científica técnica, darían por resultado eliminar la multiplicidad y divergencia plástica, tanto de los elementos arquitectónicos, como del conjunto total toda vez que resuelto cada problema, únicamente desde el punto de vista geométrico estático, se llegaría a una “superestandarización” inadmisibile, tanto de los caracteres humanos como de las formas arquitectónicas por las que aquellos se manifiestan...*

Es interesante observar, no obstante, que la conciencia histórica había enraizado a tal punto en la formación del arquitecto, que incluso en planes de estudio elaborados con el deliberado afán de excluirla, el sentido “universitario”, “histórico” y “filosófico”. Se piensa que es el caso de la asignatura de Geometría Descriptiva, y vimos anteriormente que ésta es una de las asignaturas clave por medio de la cual los planes de estudio académico procuraban hacer que el discente pasara a tener determinado sentimiento, idea u otra cosa inmaterial, en ese sentido histórico que se había descubierto medular, no sólo de la arquitectura, sino de lo técnico. Esa conciencia hizo que afortunadamente se haya decidido incluirla desde el principio en la enseñanza de la Arquitectura en el currículo. Uno de los docentes de esta asignatura, ya depurada, fue Carlos Chanfòn Olmos y posteriormente Miguel de la Torre Carbò.

En su Plan de Estudios (1932) de la Escuela Superior de Construcción que integran el Instituto Politécnico Nacional, que dependía del Departamento de Enseñanza Técnica, Industrial y Comercial, de la Secretaria de Educación Pública, en ningún año de la carrera de Ingeniero Constructor, ni de la de Constructor Técnico cursaban la asignatura de Geometría Descriptiva<sup>88</sup>.

Así, de igual manera, Juan O’Gorman en ese mismo año propone el Programa de “Teoría de la Arquitectura”<sup>89</sup> / Ciclo especial con 90 lecciones donde enseña temas propios de la enseñanza de la Geometría Descriptiva como:

Capitulo Cuarto. Las techumbres y entrepisos

2º c) Techumbres inclinadas: diversas disposiciones de éstas e intersecciones de techo de varias aguas.

7º Las rampas, manera de trazarlas. 3 lecciones.

---

<sup>88</sup> *Edificación*, Órgano de la Escuela Superior de Construcción, México, número 1, septiembre-octubre de 1934, p. 22-32.

<sup>89</sup> Ríos Garza, Carlos, “Juan O’Gorman y la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional”, en: *de Arquitectura... Cuadernos de ensayo y crítica*, México, número 67, noviembre de 2005, p. 59-63. Fuente original: *Memoria relativa al estado que guarda el ramo de la educación pública el 31 de agosto de 1934*, México, tomo III, Programas, SEP, Talleres Gráficos de la Nación, 1934, p. 861-869.

### **(1938-39) El Plan de Estudios donde un ciclo termina y comienza la etapa de la modernidad**

El 22 de junio es difundido un manifiesto a la Escuela Nacional de Arquitectura en el que se explica que las generaciones por venir salgan mejor preparadas, con correcciones sencillas, tomando en cuenta que:

*1º. El plan de estudios vigente para la carrera de Arquitectura debe transformarse... a) por su notoria insuficiencia en la preparación técnica...*

En las juntas que se celebraron para estudiar el plan, una Comisión analizó los diversos programas que anteriormente habían regido en la Escuela de Arquitectura, y han llegado a estas conclusiones que a continuación se exponen:

En el manifiesto presentado por Yáñez de la Fuente anota las deficiencias fundamentales que justifican su aseveración de transformar el Plan de Estudios vigente., la negación de la Teoría de la Arquitectura

1. Causas principales que motivan las deficiencias actuales en la preparación del Arquitecto.
  - a) Por su notoria insuficiencia en la preparación técnica. Los cursos de Edificación son de nivel teórico, no existen prácticas de laboratorio, la ingeniería sanitaria también está representada en un curso teórico en forma imposible de tener un conocimiento enciclopédico.
  - b) Falta de concordancia entre los diversos grupos de materias, porque se niega la Teoría de la Arquitectura.
  - c) Por la completa inutilidad de otras materias, por ejemplo el modelado.
  - d) La Teoría de la Arquitectura y la Historia del Arte no tienen un sentido moderno y de interpretación de la producción.
  - e) Existe un curso teórico de Urbanismo, el cual debe ser de especialización.
  - f) Falta de vocación del aspirante a Arquitecto.

En ningún momento se considera deficiente la enseñanza de la Geometría Descriptiva dentro del Plan vigente en vista de que no se motiva ningún cambio en su enseñanza.

Estas son algunas de las causas que traen como consecuencia que la preparación sea incompleta según la Comisión integrada entre otros por los arquitectos: M. Ortiz Monasterio, V. Mendiola, J. Villagrán y E. Yáñez, así como por el discente P. Ramírez Vázquez entre otros, influyendo principalmente estas deficiencias en la falta de aplicación de los *conocimientos técnicos* adquiridos en los casos reales.

Como muchos, consideraban (estaban en lo cierto) que los arquitectos parecían incapacitados para ir más allá de los ideales que en el pasado les habían sido útiles para legitimar su práctica profesional, por esa razón se plantea la pregunta ¿Qué diferenciaba a las ingenierías de la arquitectura? Ya se sabía, ¡la creación de la belleza! En todo caso, y sin olvidar los antecedentes que paulatinamente fueron germinando a esta propuesta didáctica, no cabe duda que con el Plan de Estudios de 1938-39 (figuras 41 y 42), se consumaba un dilatado, tormentoso y agitado ciclo: el de la Revolución Pedagógica de la Arquitectura.

Seguidamente se presentan análisis sobre los documentos correspondientes a distintos planes de estudios de la ENA. Corresponden a periodos que marcan transformaciones en el *modo* de la enseñanza y que, por la dirección específica de este documento, se centrará la atención en la enseñanza de la asignatura relacionada con la Geometría Descriptiva.

Es interesante el documento del arquitecto Yáñez porque nos remite a una visualización integradora de la enseñanza en esos años. Tomadas en cuenta las deficiencias anteriores se llegó al Plan que se somete al H. Consejo.

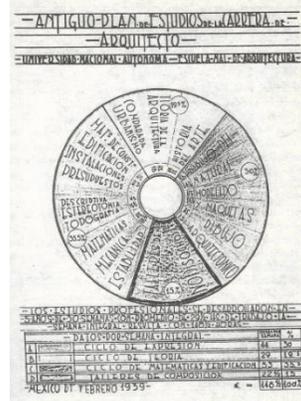


Figura 41. Esquema del Antiguo Plan de Estudios de la carrera de Arquitecto, elaborado por el Arquitecto Enrique Yáñez, Febrero 1939. (Vargas Salguero, 1990, p.71.)

Analizaremos primero el antiguo plan de estudios. Lo que se puede deducir del esquema (figura 39) es lo siguiente:

Los estudios se desarrollaron en 5 años de 30 semanas con promedio de 29.5 horas de trabajo, el número de horas de clases por semana donde la semana integral de 148.5 horas corresponde al total de horas acumuladas en un mes de clases.

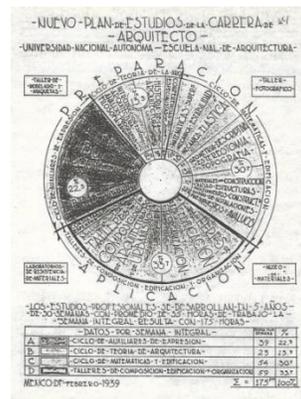


Figura 42. Esquema del Nuevo Plan de Estudios de la carrera de Arquitecto, elaborado por el Arquitecto Enrique Yáñez, Febrero 1939. (Vargas Salguero, 1990, p.72.)

En segundo término se analiza el nuevo plan de estudios. Lo que se puede deducir del esquema (figura 42) es lo siguiente:

Los estudios se desarrollaron en 5 años de 30 semanas con promedio de 30 horas de trabajo, el número de horas de clases por semana donde la semana integral de 175 horas corresponde al total de horas acumuladas en un mes de clases.

**(1939) Plan de Estudios de la ENA<sup>90</sup>**

		ASIGNATURAS					
<b>I. AÑO</b>	Introducción al estudio de la Arquitectura.	Historia de la Arquitectura 1er. Año.	Dibujo del natural.	Taller de Dibujo de Arquitectura 1er. Año.	Matemáticas Superiores.	Mecánica.	<b>Geometría Descriptiva, Perspectiva y Sombras.</b>
<b>II. AÑO</b>	Análisis de programas 1er. Año.	Historia de la Arquitectura 2ª. Año.	Materiales y equipos de construcción.	Taller de Dibujo de Arquitectura 2ª. Año.	Topografía.	Estabilidad y Mecánica elástica.	<b>Estereotomía y diseño de elementos.</b>

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios 39 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

En el plan de estudios, las asignaturas relacionadas con la Geometría Descriptiva (ciclo de matemáticas y edificación) ocupaban un 30.7% de las horas del plan de estudios, adicionalmente se incluyen un 10% de Geometría Descriptiva y Estereotomía.

**(1939) Tabla comparativa del antiguo y nuevo plan de estudios**

DATOS POR SEMANA INTEGRAL	Antiguo Plan	Nuevo Plan	Antiguo Plan	Nuevo Plan
	Horas por semana		Porcentaje	
A Ciclo de EXPRESIÓN	44	39	39	22.3
B Ciclo de TEORÍA	29	23	19.5	23.3
C Ciclo de MATEMÁTICAS y EDIFICACIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptiva - Geometría Descriptiva</li> <li>• Estereotomía</li> <li>• Topografía</li> </ul>	53	54	35.5	30.7
	11.5	13.5		
	(21.7%)	(25 %)	(7.74%)	(7.71%)
	Horas de las 53 del ciclo	Horas de las 54 del ciclo		
D Ciclo de COMPOSICIÓN	22.5	59	15	33.7
<b>SUMA</b>	148.5	175	100	100

Tabla: J. E. Ramírez A.

Para el antiguo plan se imparten 11.5 horas de clase por semana de Descriptiva – Estereotomía y Topografía por 60 semanas equivalente a los dos primeros años periodo en que se repartían las tres asignaturas; resultan 690 horas de clases.

Para el nuevo plan se incrementó a dos horas más de clase por semana de Descriptiva – Estereotomía y Topografía por las mismas 60 semanas equivalente a los dos primeros años periodo en que se repartían las tres asignaturas; resultan 810 horas de clases durante la etapa de preparación. Se observa que en el nuevo plan aumenta el número de horas para este núcleo, lo que resulta eficiente para los discentes en esta etapa de preparación.

En ambos programas no se encuentran datos que nos refieran al número exacto de horas para impartir la asignatura exclusivamente para la Geometría Descriptiva para el primer año. Que aunque aumentan las horas de un plan a otro, disminuyen en total con respecto al total del ciclo y esto se debe a que aumentan las horas en los tres ciclos restantes, teniendo más énfasis en el de Composición.

<sup>90</sup> Alva Martínez, Ernesto, *La enseñanza de la arquitectura en México en el siglo XX*, en *Cuadernos de arquitectura y conservación del Patrimonio artístico*, México, número 26-27, INBA, 1983, p. 124.

A partir de entonces, los planes de estudios se presentarán como listados de asignaturas, en correspondencia a la “dosificación de la enseñanza”.

Durante los primeros años de la década de los cuarenta la enseñanza de la Geometría Descriptiva inmersa en un cambio de gobierno iniciando la llamada Unidad Nacional respondió sin cambios en su didáctica al modelo y se acopló al proceso de *modernización*, donde se hablaba, de una Arquitectura sin estética, donde las ciudades serían el tema principal y la Arquitectura su decoración.

Ya no solo la Escuela Nacional de Arquitectura (ENA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con origen en la Academia de San Carlos fundada en 1871, era el único lugar donde se enseñaba la Arquitectura en los años cuarenta.

**Plan de Estudios 1940 <sup>(\*)</sup> ENA/UNAM**

<b>PRIMER AÑO</b> Geometría Descriptiva	PROFESOR (Docente) Francisco Centeno
<b>SEGUNDO AÑO</b> Estereotomía y diseño de elementos Topografía	Francisco Centeno Octavio Alemán

(\*) Archivo de la ENA, 1940.

**Modificación y transición de la asignatura de Geometría Descriptiva en los Planes de Estudios de la carrera de Arquitecto**

Los Planes de Estudios que se analizan son solo los que se emitieron y actualizaron durante el periodo de análisis (1847-2017), los que implican mayores transformaciones en el rumbo de la *enseñanza* de la Arquitectura, y los que han sido y siguen sometidos a diversas polémicas. En consecuencia se deben considerar entonces como una muestra significativa, representante de la enseñanza de la Geometría Descriptiva dentro de estos planes de estudios que con mayor fuerza han influido en el sistema de escuelas de Arquitectura del país.

Los cambios de énfasis en los planteamientos de soporte de los Planes de Estudios, han provocado que, en el caso de la asignatura de la Geometría Descriptiva en específico, cambie de nombre o designación y de ubicación en las áreas de conocimiento, por lo que un análisis de la misma asignatura en el sentido cuantitativo, no parece del todo; por lo que, para establecer una relación entre los planes que nos permita seguir la transformación de las asignaturas relacionadas con la Geometría Descriptiva, se agruparán las características de los planes de estudios, bajo los siguientes apartados:

- Ámbito académico de referencia.
- Listado de asignaturas.
- Sistema de carga horaria-créditos
- Seriación y observaciones generales.

Para el año de 1944 en la Escuela Nacional de Arquitectura, se impartía la clase de teoría llamada *Introducción al estudio de la Arquitectura*<sup>91</sup>, dicha asignatura era enseñada por el arquitecto José Villagrán. Se reproduce parte del contenido de la asignatura con su vinculación a la Geometría Descriptiva.

- A. Teoría General.
- II. La forma Arquitectónica.- Forma y contenido.

<sup>91</sup> Archivo de la ENA.

- b) GEOMETRÍA.- Lo abstracto y lo orgánico. Significación de lo geométrico en arquitectura. Cualidades: geometría, color y textura.
- e) REALIZACIÓN DE LA OBRA  
 Representaciones superficiales y volumétricas.- Escala matemática.- Los dibujos.
- IV. Teorías Principales  
 Teoría Especial  
 Elementos de la Arquitectura
- b) CUBIERTAS. Clasificación, programas y soluciones genéricas.
- 1) TECHOS. Formas geométricas constructivas y soluciones dadas.
- 2) BOVEDAS. Fisonomía geométrica constructiva y soluciones dadas.
- c) COMUNICACIONES VERTICALES.- Programa
- 1) COMUNICACIONES ESTÁTICAS.- Ecuación del paso humano, a) La rampa. Trazo y soluciones b) La escalera.- Determinantes geométrico-constructivos: Escalón, ancho, forma geométrica y líneas de huella. Construcción.- Soluciones dadas.

Estos principios, cuerpo teórico y fundamental conformaron el programa del curso de teoría en los años cuarenta (con 14 docentes de teoría), convirtiéndose en el programa oficial hasta los años sesenta.<sup>92</sup> La aplicación de los conocimientos teóricos y tecnológicos a un tema o proyecto arquitectónico se realizan en el taller de Arquitectura, realizando ejercicios consistentes en la representación de elementos o de obras arquitectónicas del pasado que se presentaban a través de *geometrales*, cambios de escala, precisión de sombras.<sup>93</sup>

#### (1955) Plan de Estudios ENA<sup>94</sup>

ASIGNATURAS											
I. AÑO	Iniciación al estudio de la Arquitectura.	Historia de la Arquitectura	Dibujo del natural.	Taller de Historia	Educación plástica, superficie	Composición	<b>Geometría Descriptiva</b>	Matemáticas	Mecánica		
II. AÑO	Análisis de programas y soluciones	Historia de la Arquitectura	Dibujo del natural	Taller de historia	Educación plástica, volumen	Composición	<b>Descriptiva aplicada</b>	Estabilidad	Topografía	Sociología urbana	Economía urbana

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios 55 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

#### (1964) Plan de Estudios ENA<sup>95</sup>

ASIGNATURAS									
I. AÑO	Iniciación al estudio de la Arquitectura.	Análisis de edificios	Dibujo	Taller de Proyectos	Estática	Elementos de construcción	<b>Geometría Descriptiva</b>	Matemáticas	
II. AÑO	Historia de la Arquitectura	Análisis de edificios	Dibujo	Taller de Proyectos	Resistencia de materiales	Taller de construcción	<b>Estereotomía y perspectiva</b>	Matemáticas	Materiales y procedimientos

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Plan de estudios 64 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

<sup>92</sup> Alva Martínez, Ernesto, *Los años felices de la arquitectura mexicana. Nacimiento de nuevas escuelas*. Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.76.

<sup>93</sup> Alva Martínez, Ernesto, *Op. cit.*, p.76.

<sup>94</sup> Alva Martínez, Ernesto, *La enseñanza de la arquitectura en México en el siglo XX*, en *Cuadernos de arquitectura y conservación del Patrimonio artístico*, México, número 26-27, INBA, 1983, p. 126.

<sup>95</sup> Alva Martínez, Ernesto, *La enseñanza de la arquitectura en México en el siglo XX*, en *Cuadernos de arquitectura y conservación del Patrimonio artístico*, México, número 26-27, INBA, 1983, p. 128.

### (1967) Plan de Estudios ENA<sup>96</sup>

La Escuela Nacional de Arquitectura llena de anhelos, búsquedas e inquietudes pone en marcha en 1967, un nuevo plan de estudios que presentaba cambios estructurales como el resurgimiento de los seminarios y la duración de los estudios, de cursos anuales a semestrales.

PLAN DE ESTUDIOS 1967 (Plan de Estudios que funcionó de 1967 a 1981)		
1er SEMESTRE	2o SEMESTRE	3er SEMESTRE
GEOMETRÍA I	GEOMETRÍA II	GEOMETRÍA III

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Fuente: Facultad de Arquitectura, UNAM. Plan de estudios 67 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

Tabla: J. E. Ramírez A.

### (1976) Plan de Estudio Unidad Académica de los Talleres de Números ENA-Autogobierno<sup>97</sup>



Figura 43. Portada del *Plan de Estudios de la carrera de Arquitecto*, Escuela Nacional de Arquitectura-Autogobierno, UNAM 1976.

En el año de 1976 la escuela se dividió en dos sistemas: Unidad Académica de los Talleres de *Número* “Autogobierno” (figura 43) y la Unidad Académica de los Talleres de *Letras*. Los primeros pretendían representar la vanguardia educativa de la arquitectura por medio de la reflexión crítica y autocrítica, bajo una enseñanza libre y responsable, y los segundos, los esquemas tradicionales o “conservadores”. Si bien se plantea una pregunta compleja que deba cumplir los requisitos particulares el plan de estudios para la enseñanza de la arquitectura del autogobierno.

Esta pudo tener varias respuestas. Pero intentemos una a partir de la simple pregunta ¿Quién es, no qué es un arquitecto?

Con esta premisa se plantea el programa de estudios: ¿Es el que teoriza, el que critica, el que investiga, el que proyecta, el que dibuja o el que construye la arquitectura? Pues bien todo eso es lo que debería hacer el arquitecto dominando los conceptos metodológicos, teóricos, proyectuales y tecnológicos

<sup>96</sup> Solís Àvila, Luis Fernando, *El Plan de Estudios 1981.*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.110.

<sup>97</sup> Ramírez Ponce, Alfonso, *Planes de estudio. El plan 1976.*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.99.

para producirla. Quien investiga y teoriza no la produce, la estudia, quien la proyecta la crea idealmente y quien la construye la materializa. Pero ¿quién la matematiza o geometriza, en qué fase está?

En el documento se exponen los fundamentos del Plan 1976 y la dirección de los planes y temáticas para desarrollar “los más avanzados enfoques pedagógicos o los más rigurosos y científicos métodos de enseñanza” (Plan 1976: 12), podría en parte explicar la ubicación de la Geometría en el área de conocimiento de la Técnica, que compone la carrera.

### **Materias del plan de estudios anterior (1967) que corresponden al área tecnológica**

- Geometría I
- Geometría II
- Geometría III

No hay indicios en el apartado referente al área tecnológica (Plan 1976: 27) de que se considere la actividad geométrica dentro de los cuatro grandes subgrupos (la tecnología constructiva, la tecnología estructural, la tecnología de los servicios –domésticos, municipales, etc.- y la tecnología de la infraestructura urbana) dentro de los “métodos científicos de enseñanza”, y aquella no se solicita como requisito previo para ingresar a la ENA.

### **Alcances mínimos de conocimientos**

En estos alcances mínimos de conocimientos se registran datos acerca de la posición de la Geometría en tres diferentes áreas y niveles.

#### **Área de Teoría**

Primer Nivel.

4. Introducción al estudio de la *métrica*... (Plan 1976: 31).

#### **Área de Diseño**

Primer Nivel.

6. Expresión gráfica completa de las representaciones geométricas de los accidentes espaciales de un objeto diseñado y su entorno. Conocimiento de los principios geométricos correspondientes. Expresión técnica completa en proyecciones planas y perspectivas.

7. Aplicación elemental, en la práctica del diseño, de planteamientos teóricos sobre las relaciones espaciales entre la forma y la figura.

Segundo Nivel.

3. Dominio completo de las técnicas de representación de un determinado diseño en sus diversos aspectos- uno de ellos el geométrico-. Conocimiento del análisis gráfico, de la representación plana e isométrica.

Tercer Nivel.

3. Capacitación óptima en el empleo de los medios de expresión gráficos, visuales y geométricos de la arquitectura.

#### **Área de Tecnología**

Primer Nivel

5. Conocimiento de la geometría en general, la Geometría Descriptiva en particular y del dibujo, para expresar gráficamente las ideas del proyecto arquitectónico, en planos y maquetas, con calidades expresivas claras y precisas.

Segundo y Tercer Nivel.

No existe ningún punto que refiera al conocimiento o dominio de la Geometría II y III. (Plan 1976: 35).

Es marcada la insistencia hacia la reafirmación del término *diseño* y la vinculación con los “métodos científicos para verificar las hipótesis de diseño”. Pero la Geometría, o más bien el geometrar (si se permite el término), no posee una estructura científica corroborable o demostrable, puesto que está repleta de postulados o axiomas y teoremas comprobados, no hay un método que garantice resultados en el aprendizaje de la Geometría, es la acción misma que se liga a la reflexión de quien la ejerce, el método único. La Geometría en este ámbito (plan 1976) se presenta como medio utilitario, no como medio de conocimiento.

No se indica cómo se pueden lograr los objetivos enlistados, sobre todo, atendiendo al crecimiento en horario de otras áreas académicas, lo que reduce el tiempo que se otorga a la asignatura de la Geometría que, como se observa en el documento, se considera medio de expresión y técnica de representación (figura 44), tal cual como si fuera la asignatura de dibujo.

Lo que no se puede negar es que el plan de estudios de 1976 o del Autogobierno de la ENA, adelanta algunas propuestas de la flexibilidad que demandan los modelos actuales de la enseñanza académica en general, no así en la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva en particular.

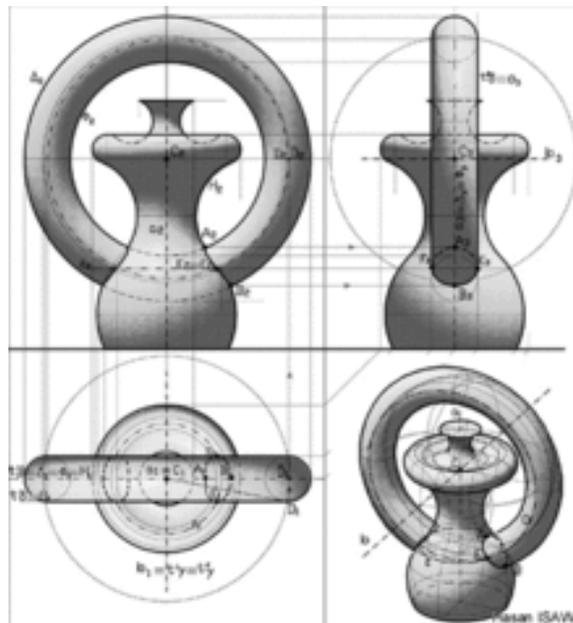


Figura 44. Fuente: <https://ahombrosdegigantescienciytecnologia.wordpress.com/2015/07/28/el-inventor-de-la-geometria-descriptiva-monge/>

**(1981) Plan de Estudios U.A.T.L. (Unidad Académica de los Talleres de Letras)  
 “BICENTENARIO E.N.A.”**



Figura 45. Portada- Resumen del Plan de Estudios de la carrera de Arquitecto, Escuela Nacional de Arquitectura, Unidad Académica de Talleres de Letra, UNAM 1981.

En el año de 1973 la Escuela Nacional de Arquitectura se divide en dos grupos, quedándose en Ciudad Universitaria el grupo de autogobierno, y expulsando al otro. Este regresa un año después. La intolerancia y la falta de visión de ambos grupos dañaron a la Escuela. Como consecuencia de lo anterior, se reorganiza la ENA y se conforman en el Autogobierno la Coordinación de Talleres de Número en 1973 y por reflejo, la otra corriente conforma la Coordinación de Talleres de Letras en 1975.

Se le pide a la nueva coordinación realice un nuevo plan de estudios, pues el plan tenía nueve años de funcionar (desde 1967) y ya era tiempo de evaluarlo y en su caso adecuarlo o cambiarlo. La condición era tener 8 semestres en la carrera y bajar el número créditos con respecto al plan de estudios de 1967.

**PROPUESTA DE LA COMISION DEL NUEVO PLAN DE ESTUDIOS (1976-1978)**  
 (CUADRO 1. Plan que no fue puesto en marcha)

AREA	ETAPA INFORMATIVO	
	1er SEMESTRE	2o SEMESTRE
CREATIVA	GEOMETRÌA I	GEOMETRÌA II

CUADRO 1. Parte del esquema del Plan logrado en esas fechas elaborado por el Arq. Antonio Musi. Donde solamente se vierte la información referente a la asignatura de Geometría. Tabla: J. E. Ramírez A.

Se implementa como resultado de la reunión en Cocoyoc, en el año de 1979 el Plan de Estudios únicamente para el primer semestre, la asignatura que cursaron los discentes entre otras fue Geometría I, sin embargo se observa que se planteaban dos cursos de Geometría para el siguiente semestre. El resultado fue una generación que se volvió irregular, y tuvo que reiniciar con el plan de estudios de 1967.

**PLAN DE ESTUDIOS 1979**  
 (CUADRO 2. Plan puesto en práctica un semestre, para discentes de 1er semestre, funcionó únicamente en el semestre lectivo 1980-1, no fue aprobado por el Consejo Técnico de la ENA)

1er SEMESTRE	2o SEMESTRE
GEOMETRÌA I	GEOMETRÌA II y III

CUADRO 2. Datos obtenidos en entrevista personal con el Arq. Antonio Musí por parte de Arq. Luis Fernando Solís Ávila. Tabla: J. E. Ramírez A.

Finalmente el Arq. Aguirre Cárdenas tuvo que asumir de forma personal el liderazgo y que se reuniera con el coordinador de Talleres de Letra y entre los dos realizaran el esquema del Plan de Estudios 81 (Cuadro 3). Aprobado el 7 de mayo de 1981. (figura 45)

**PLAN DE ESTUDIOS 1981**  
 (CUADRO 3. Plan de Estudios puesto en práctica a partir del semestre 1982-1)

SUB-AREA	ETAPA INICIAL	
	1er SEMESTRE	2o SEMESTRE
<b>GEOMETRÍA</b>	GEOMETRÍA I	GEOMETRÍA II

CUADRO 3. Parte del esquema del Plan de Estudios 1981 elaborado por el Arq. Aguirre Cárdenas. Donde solamente se vierte la información referente a la asignatura de Geometría. Presentado en el documento explicativo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Tabla: J. E. Ramírez A.

**PLAN DE ESTUDIOS 1981**  
 (CUADRO 4. Plan de Estudios puesto en práctica a partir del semestre 1982-1)

SUB-AREA	ETAPA INTEGRAL	
	7o SEMESTRE	8o SEMESTRE
<b>GEOMETRÍA Y DUBUJO</b>	PERSPECTIVA	PERSPECTIVA
	GEOMETRÍA III	GEOMETRÍA III
	ESTEREOTOMIA <sup>98</sup>	

CUADRO 4. Parte del esquema del Plan de Estudios 1981 elaborado por el Arq. Aguirre Cárdenas. Donde solamente se vierte la información referente a la asignatura de Geometría para las asignaturas optativas. Presentado en el documento explicativo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Tabla: J. E. Ramírez A.

El Plan de Estudios tenía una mezcla por asignaturas en las dos primeras etapas; quedó estructurado en 4 áreas de conocimiento. El área de Diseño Arquitectónico contenía el sub-área de Geometría, la cual contempla en la etapa inicial durante los dos primeros semestres cursar dos Geometrías, posteriormente y mucho tiempo después tenía materias optativas en el séptimo y octavo semestre de la etapa integral.

Los temas en las asignaturas de la etapa inicial donde está inmersa la Geometría, versan más en lo informativo que en lo formativo. Algunas asignaturas, y aquí no se sabe si estuvo implicada la Geometría, tienen contenidos totalmente utópicos y la mayoría de las veces son eminentemente teóricos; no existe una normatividad en cuanto al nivel que debe darse a los conocimientos.

En particular sobre las áreas de conocimiento se observa en general que la enseñanza de la Arquitectura sea enfocada al Diseño, haciendo a un lado los conocimientos humanísticos y técnicos que se requiere. Esto se puede observar en la cantidad bibliográfica propuesta para los Talleres de Diseño Arquitectónico (14 textos contra 1 o 2 en Geometría Descriptiva)

En el Área de Diseño se ha marcado que se requiere de más del 60% del tiempo del discente, la mayoría de las veces sin resultado lógico. Esto implica aparentemente al estudio de la Geometría por estar incluida en esta área.

Se vierten los contenidos de programas de la asignatura de Geometría Descriptiva correspondientes de este plan de estudios para su análisis posterior. (Ver anexo 1)

El reto estaba planteado, y como se observará tiempo más adelante se tuvo que cambiar y actualizar este Plan de Estudios.

<sup>98</sup> La asignatura de Estereotomía está indicada en el plan de estudios de 1981 como optativa para el 6 semestre únicamente. El cuadro 3 del plan de estudios expuesto por el Arq. Luis Fernando Solís Ávila en Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.107, no están indicadas las asignaturas que se ofertan en dicho plan. Dice que son 2 materias optativas por cada semestre de la etapa integral y únicamente en la sub-área de Representación Gráfica.

## (1992) Plan de Estudios Facultad de Arquitectura



Figura 46. Portada del Plan de Estudios 92 Licenciatura en Arquitectura, Escuela Nacional de Arquitectura, UNAM 1992.

En la FA se enfrentaba el reto de elaborar y poner en práctica un nuevo Plan de Estudios que reuniera y unificara lo mejor de las dos experiencias académicas actuales representadas por los planes 1976 y 1981. Dicho plan (figura 46) contempla el avance acelerado de las ciencias y la complejidad creciente de la tecnología que obligan a incrementar y actualizar las áreas de conocimiento, seleccionando en algunos casos (no se dice en cuales) y diversificando en otros los contenidos de la enseñanza.

Sin embargo, se plantea aquí que la calidad de la enseñanza no depende sólo del dominio que puede tener el docente en su actividad profesional, sino también de la planeación adecuada que haga del curso, las técnicas didácticas que emplee y la manera como transmita sus conocimientos.

Dado lo anterior, la División de Estudios de Posgrado de la Facultad en Arquitectura, presenta una serie de opciones tanto en maestrías como en especialidades, que apoyan a la licenciatura de Arquitectura.

Tomando en cuenta nuestro objeto de estudio las opciones para la enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva podrían enmarcar solamente uno de los cursos de especialización que refiere a Cubiertas Ligeras y por parte de la maestría sería en Investigación y Docencia, sin embargo no se plantea ese apoyo a la asignatura. Por sus características intrínsecas en la enseñanza de la Geometría Descriptiva, la maestría y el doctorado han generado modos de interpretación de uso distinto, ya que se podría insertar en el campo de conocimiento del diseño arquitectónico o bien en el de tecnología dado su carácter ambiguo que se le ha dado históricamente a la Geometría Descriptiva.

### Objetivos generales del Plan de Estudios

Se hará aquí solo la exposición de objetivos intrínsecos de los cursos entre los cuales se encuentra la enseñanza de la Geometría Descriptiva.

¿Qué se quiere y qué pueden los discentes aprender?

¿Qué, cómo, cuándo y dónde debe enseñarse?

¿Qué conocimientos básicos deben impartirse?

Algunas de las características importantes de este plan están condicionadas al avance de la ciencia y la tecnología –la llamada explosión del conocimiento- en general y en particular el avance de nuestro propio oficio y de la asignatura están en contradicción con el tiempo destinado para el aprendizaje de la profesión. Esta contradicción no se resuelve sólo incrementando el tiempo para cursar la carrera, lo que implicaría más cursos de Geometría Descriptiva y por otro lado la mayor parte de los discentes que inician, no tienen los conocimientos necesarios.

Estas dos contradicciones planteadas implican para su supuesta resolución, -más que aprender muchas cosas- es aprender a aprender desarrollando la autoformación (a través de su contacto con la moderna tecnología educativa) y la capacidad autogestiva por parte de los discentes, pero se pregunta ¿en el aprender a aprender Geometría Descriptiva cómo será posible esto? A partir de entender que la educación no es un medio sino un fin en sí misma; y por otra parte, -ante la imposibilidad de transmitir “todos” los conocimientos- necesidad de realizar una *selección* de los contenidos de la enseñanza.

### La Estructura del Plan de Estudios

		NIVELES DE CONOCIMIENTO	PRIMER NIVEL 1	SEGUNDO NIVEL 2
AREA	SUBAREA	ENFOQUE SUBAREAS	ETAPA DE FORMACIÓN	
<b>3 PROYECTO</b>	MATEMATICAS Y GEOMETRÍA	TEORÍA Y PRÁCTICA DE MATEMÁTICAS Y <b>GEOMETRÍA</b> ANÁLIS GEOMÉTRICO DE EDIFICIOS	MATEMATICAS GEOMETRIA I 3 Horas	GEOMETRIA II 3 Horas
	EXPRESION			
		<b>TALLER DE ARQUITECTURA</b>	<b>TALLER DE ARQUITECTURA I</b>	<b>TALLER DE ARQUITECTURA II</b>
	TALLER DE INVESTIGACION	PROGRAMAS ARQUITECTONICOS MODOS DE VIDA Y COSTUMBRES OPERACION Y VALORACION	METODOLOGIAS DE INVESTIGACION Y TALLER DE COMPUTACION	ESTUDIOS DE CASO Y VALORACION DE PROYECTOS I
	TALLER DE PROYECTOS	TEORIA DE Y PRACTICA DE PROYECTOS	TALLER DE PROYECTOS I	TALLER DE PROYECTOS II
<b>4 CONSTRUCCIÓN</b>	TALLER DE CONSTRUCCION	ANALISIS Y DESARROLLO CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS, SUS MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS	TALLER DE CONSTRUCCION I CONCEPTOS BASICOS	TALLER DE CONSTRUCCION II CONOCIMIENTOS BASICOS TALLER (CONOCIMIENTOS APLICABLES)

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Fuente: Facultad de Arquitectura, UNAM. Plan de estudios 92 Licenciatura de Arquitectura, p.43. Tabla: J. E. Ramírez A.

La etapa de formación está orientada a la capacitación, profundización y “dominio” de los conocimientos del área, demostrable en aplicaciones teórico - prácticas, donde el primer nivel tendrá un carácter introductorio, en el cual se proporcionan los elementos fundamentales y está sustentada en un sentido de intensidad en el hacer. En el segundo nivel, se imparten conocimientos específicos que permiten al discente capacitarse.

Las características que debe tener el discente que pretende estudiar la carrera de arquitectura se infieren tomando como base las áreas de conocimiento que estructuran el plan 92.

#### -Área de Proyecto

1. Imaginación y creatividad para entender el espacio y especular con formas, proporciones, colores y texturas.
2. Sensibilidad visual estética, capacidad de observación, análisis y síntesis. Capacidad de abstracción.
3. Sentido de orden.
4. Habilidad para la expresión gráfica y volumétrica. (Construcción de modelos tridimensionales).

### Tabla de equivalencias

Para la aplicación del plan de estudios 92, se formuló la siguiente tabla de equivalencias que permite la convalidación entre los planes 76 y 81 con el plan 1992, para la asignatura de Geometría.

PLAN 76		PLAN 92		PLAN 81	
N	AREAS	N	CURSOS	S	ASIGNATURAS
1	DISEÑO I	1	GEOMETRÍA I	1	GEOMETRÍA I
2	DISEÑO II	2	GEOMETRÍA II	2	GEOMETRÍA II

Cuadro parcial de la tabla de equivalencias del plan de estudios. Fuente: Facultad de Arquitectura, UNAM. Plan de estudios 92 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

### Carga horaria y créditos

AREA	SUBAREAS	PRIMER NIVEL ( 1 año)			SEGUNDO NIVEL (1 año)		
3	Geometría	8 créditos			8 créditos		
		1 teórica	2 practicadas	3 totales	1 teórica	2 practicadas	3 totales

Cuadro parcial de la estructura del plan de estudios. Fuente: Facultad de Arquitectura, UNAM. Plan de estudios 92 Licenciatura de Arquitectura. Tabla: J. E. Ramírez A.

La asignatura de Geometría es obligatoria como curso y taller y el primer nivel es seriación obligatoria para cursar el segundo nivel. (Ver anexo 2)

### Caracterización del área de proyecto

Objetivo específico: Manejar la geometría como parte de las matemáticas que nos permite comprender y definir el espacio arquitectónico a través de la forma de sus elementos.

### Proceso de enseñanza aprendizaje

Como proceso de enseñanza aprendizaje el plan de estudios nos indica que el conocimiento científico, lógico y simbólico de la enseñanza de las matemáticas se deberá aplicar directo en la comprensión del espacio y la forma de la geometría, teniendo connotaciones teórico-prácticas y un enfoque totalizador e integral, que prevé que los conocimientos se impartan de manera cíclica, avanzando progresivamente y yendo de lo general a lo particular y que las practicas se realicen a través de ejercicios que demuestren la integración de los conocimientos del área con las demás áreas del plan de estudios, y de acuerdo con este proceso, la evaluación se hará en este curso confrontando los alcances específicos de cada nivel, con los resultados de participación del discente mostrados en su exposición: oral, escrita o gráfica.

### Objetivo específico del sub-área de Geometría

Proporcionar al discente los conocimientos que le permitan comprender y manejar las formas geométricas, empleadas para la concepción y creación del espacio arquitectónico. Así como su capacitación en el conocimiento y manejo de la perspectiva para representar diversos aspectos y elementos de la arquitectura y el diseño. Es interesante subrayar que en la sub-área de Expresión se hace hincapié la inclusión del empleo de la computación y los sistemas de diseño asistido por computadora, para los propósitos de representación y no de aprendizaje de la Geometría.

El curso de Representación Gráfica I, de la sub-área de Expresión del área de Proyectos, tiene como objetivos proporcionar al discente los conocimientos básicos necesarios para comprender, interpretar y representar en *Geometría* y volumen cualquier elemento de la arquitectura y del diseño, así como una “introducción” a la representación con la “ayuda” de un equipo de cómputo y de los sistemas de diseño asistido por computadora por computadora que actualmente existen en el medio informático, capacitando

al discente en el manejo en uno de los sistemas. Sin embargo, en el curso de Representación Gráfica II, tiene como temáticas la perspectiva isométrica, caballera y lineal, temas que deberían ser enseñados en Geometría. (Ver anexo 3)

Los objetivos enunciados para esta Sub-área de Expresión en un anexo documental (Plan 1992, Anexo: 40), denotan un claro enfoque teórico sobre los tópicos de la representación.

*El curso de Representación Gráfica II, tiene como objetivo proporcionar al estudiante los conocimientos que le permitan desarrollar sus habilidades de percepción, **análisis espacial**..., adiestrándolo en el manejo de la perspectiva...Que capaciten al estudiante a representar el conjunto de conceptos, hipótesis, teorías (como se representa gráficamente una hipótesis y una teoría) y hechos, que generan el conjunto de los cursos y talleres de la carrera de arquitecto.*

Cursos y talleres selectivos del área de Proyecto Quinto Nivel. (Los discentes deberán seleccionar un curso selectivo de ésta área) 12 créditos con una carga de tres horas de teoría y ninguna práctica. (Ver anexo 4)

En el primer nivel de esta Sub-área, la cuarta parte del tiempo asignado a expresión en los programas, ya incluye tiempo asignado al CAD (diseño asistido por computadora), con 3 aulas de cómputo (plan 1992: 12)

Al tener que seleccionar un solo curso en el área de Proyecto, estas asignaturas que corresponden al tema relacionado con la Geometría entran en competencia con el curso de Diseño Asistido por Computadora Avanzado el cual empieza a tener más interés por parte del discente.

### **Ámbito académico de referencia y observaciones generales**

El documento descriptivo y de sustento del Plan de Estudios 92, muestra un análisis comparativo entre los planes vigentes en este momento, el de 1976 y el de 1981 sobre el que se consideran algunas observaciones generales. Se plantea un análisis, sobre la problemática que ha caracterizado (es importante que se subraye esto, porque es una categoría que nos habla del concepto histórico de la enseñanza de la arquitectura en la actual Facultad de Arquitectura) la enseñanza en la ENA en las últimas décadas. "... la Facultad está conformada por Talleres, (espacio físico) los cuales funcionan como pequeñas escuelas" (...) (Plan 1992: 14).

En consecuencia, esa situación "fragmentó", -según algunos ex-discentes y docentes- la escuela a partir de la distribución física de los talleres en 1954. Aunque se reconoce hasta 1992 como "crisis".

Sin embargo, la nominada "libertad de cátedra" no es otra cosa que la reiteración de esta "fragmentación" que propician las escuelas-taller.

En los preámbulos y fundamentos del Plan, ni en los conocimientos que el arquitecto *debe saber*, ni en las aptitudes, ni en las actitudes; se describen referencias sobre la necesidad de la Geometría Descriptiva, ni de lo gráfico, por estar incluida en el área de Proyectos.

Se sigue reconociendo a los Talleres como el ámbito fundamental de la carrera y se advierte que la enseñanza debe ser "totalizadora e integradora", en ese sentido la Geometría Descriptiva como asignatura se fragmenta, integrándose totalmente a la enseñanza del Taller de Arquitectura, que no es lo mismo que el Taller de Proyectos.

Se incluye de manera explícita la imposibilidad de incorporar "el avance de la ciencia y la tecnología -la llamada explosión del conocimiento- en general y en particular el avance de la Geometría Des-

criptiva está en contradicción con el tiempo actualmente destinado para el aprendizaje de la profesión” (...) además, al plantear un tentativo perfil del ingresado encontramos que la mayor parte de los alumnos que inician licenciatura, no tienen los conocimientos básicos (plan 1992: 37). Aunque no se indica cuáles son estos conocimientos, esto prepara el terreno para abundar en la selección de asignaturas que compondrán el currículo, atendiendo a su *utilidad*.

El Plan, contempla la capacitación y actualización de sus conocimientos, así como sus “métodos pedagógicos”, lo que permanecerá en boga en la década de los noventa. Aunque en ninguno de estos programas de actualización se considera la pedagogía de la Geometría Descriptiva como integradora del Proyecto Arquitectónico, o más bien, no se aclara como aprenderla.

Se consigna en el Plan, que asignaturas como Construcción, utilizarán el “dibujo técnico” sinónimo de representación gráfica de la Geometría como herramienta.

Finalmente en el Taller de Proyectos, como consecuencia de lo observado en dicho Plan, se procede a subdividir los procesos y énfasis que conlleva el razonamiento proyectual, aunque esta división facilita la evaluación, ya que al mismo tiempo se califica la asignatura de Geometría con la evaluación totalizadora e integradora del Taller de Arquitectura, que no es lo mismo que el Taller de Proyectos, promoviendo al mismo tiempo y desde ese momento hasta el momento de la aprobación del nuevo Plan de estudios del 2017, una fractura en la intención de los Talleres como asignatura, y también como escuelas.

### Los estudios de Posgrado

Objetivo: Según Cortés Rocha, “los estudios de posgrado constituyen la etapa superior del ciclo educativo, y responden a la necesidad de *formar* los recursos humanos del más alto nivel en el campo de la docencia y la investigación, entre otros. Están orientados a la preparación de *especialistas* en las distintas áreas del conocimiento, a la formación de profesionales, que con una cultura científica y humanística puedan dedicarse, ya sea a la **solución de problemas de su ámbito profesional**”, será que con el grado de maestría se pueda solucionar el problema de la enseñanza de la arquitectura en general y de la Geometría Descriptiva en particular cuando no se le tiene como objetivo de enseñanza en el posgrado, aunque sin embargo el “objetivo es la formación de quienes deberán ser capaces de *incidir* en la investigación original, tanto básica como aplicada”, continúa Cortés Rocha.<sup>99</sup>

Por su naturaleza y por su trascendencia, los estudios de posgrado deben tener como característica intrínseca un excelente nivel académico más importante que en los anteriores. Apuntaba Cortés Rocha que desde hace 20 años la situación que vivía nuestra sociedad, el papel del posgrado tenía un papel relevante lo que conlleva que en cada disciplina (se presenta en este trabajo a la Geometría Descriptiva como disciplina) se requieren **especialistas en diferentes ramas del saber profesional**...que demandan las instituciones de todo género (Educativo). Necesita igualmente profesionales avocados a promover su avance con las herramientas y formación que da la educación de posgrado.

Es de llamar la atención el punto 6 del mismo documento<sup>100</sup> referente a los cauces y perspectivas. El punto 6 dice nos dice que: “Los estudios de posgrado deben ser concebidos como un nivel de estudios con objetivos y características propias y no como un medio para *subsanan las posibles deficiencias* curriculares de la Licenciatura”.

<sup>99</sup> Cortés Rocha, Xavier, *El posgrado en la facultad de arquitectura*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.115.

<sup>100</sup> Cortés Rocha, Xavier, *Op.cit.*, p.117.

## (1999) Plan de Estudios Facultad de Arquitectura



Figura 47. Portada del Plan de Estudios '99. Licenciatura en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UNAM 1999.

Este plan (figura 47) donde el mapa curricular aparece simplificado y el documento de presentación muestra las mismas intenciones. La percepción que el nuevo plan genera respecto a los planes anteriores, es la del pragmatismo académico, entendido como el señalamiento de asignaturas como la Geometría sin un referente ideológico integrador.

Los conocimientos de la carrera, se organizan para el listado de la asignatura de Geometría en dos etapas que constituyen el plan: Básica (1° y 2° semestres) y de Desarrollo (3° y 4°), así como en el área de Proyecto. En el siguiente cuadro, que corresponde a la publicación original del documento, se presentan tanto la relación de la asignatura que engloba el plan, como su ubicación respecto al área.

### Mapa curricular

ETAPAS DE FORMACION	BASICA		DESARROLLO	
	1er semestre	2º semestre	3er semestre	4º semestre
Área Semestres	Taller de Arquitectura I	Taller de Arquitectura II	Taller de Arquitectura III	Taller de Arquitectura IV
Área de Teoría, Historia e Investigación	Investigación	Investigación	Investigación	Investigación
Área de Proyecto		Representación Gráfica Proyecto Geometría	Representación Gráfica Proyecto Geometría	Representación Gráfica Proyecto Geometría
Área de Tecnología	Construcción	Construcción	Construcción	Construcción
	22 créditos	25 créditos	25 créditos	25 créditos
	4 horas teóricas	5 horas teóricas	5 horas teóricas	5 horas teóricas
	14 horas prácticas	15 horas prácticas	15 horas prácticas	15 horas prácticas
	18 horas totales	20 horas totales	20 horas totales	20 horas totales

Esquema parcial del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 1999. P.10 Tabla: J. E. Ramírez A.

## Requisitos Curriculares

1. *Curso de Computación que incluye: taller de computación (sistema operativo, procesador de palabra, hoja de cálculo y paquetería de presentación): Diseño asistido por computadora en dos y tres dimensiones.*

El número de créditos totales de la carrera se reducen, sin embargo la asignatura de Geometría aunque permanece en el área de Proyecto, para el plan del 92 con 8 créditos y 3 horas de enseñanza (1 teórica y 2 prácticas) de pertenecer al sub-área de Matemáticas y Geometría pasa a integrarse a una sola asignatura<sup>101</sup> llamada Taller de Arquitectura II, III y IV, siendo ésta la que ocupe el mayor volumen de créditos semestrales. Con un promedio de 22 créditos semestrales repartidos en las asignaturas ahora nombradas de Investigación, Representación Gráfica, Proyecto, Construcción y Geometría. La actividad de la Geometría está inserta en el Taller de Arquitectura como asignatura única, en el Área de Proyecto, que ahora se inicia en el segundo semestre, con un incremento de un curso más hasta el cuarto semestre.

Haciendo la consideración anterior se presenta la siguiente tabla de equivalencias, que corresponde a la publicación original del documento.

**Tabla de equivalencias**

PLAN DE ESTUDIOS 1992				PLAN DE ESTUDIOS PROPUESTO			
AÑO	CRE.	CLAVE	ASIGNATURA	ASIGNATURA	CLAVE	CRED.	SEM.
1	8	1113	Geometría I	Sin equivalencia			
2	8	1219	Geometría II	Sin equivalencia			
				Taller de arquitectura IV		25	4

*Esquema parcial de la tabla de equivalencias del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 1999. p.186 Tabla: J. E. Ramírez A.*

En cuanto a la asignatura específica de la Geometría, no aparece de manera explícita en ningún crédito obligatorio independiente, aunque se le incluye como se ha mencionado dentro del Taller de Arquitectura. Se argumenta que dentro de los programas específicos de las asignaturas se otorga relevancia al “desarrollo gráfico de las ideas”; o acaso la Geometría debe ser considerada como una asignatura más, a la que se debe programar como clase teórica, en la que el discente debe recibir conocimientos, debiendo él desarrollar “sus habilidades”. Estas consideraciones no se aprecian de manera explícita en el documento del Plan de estudios 1999, publicado por la Facultad de Arquitectura, aunque forman parte de la visión común que parece estar vigente.

*...En el Taller de Arquitectura se relaciona el Área de proyecto con sus componentes teóricos, tecnológicos y constructivos, urbano ambientales y de vinculación social. En torno a él se estructuran todas las actividades -la geometría como actividad- que son la base formativa de los futuros arquitectos... (Plan 1999: 6).*

Para la asignatura del Taller de Arquitectura se menciona en la publicación original del documento, el perfil del docente del Taller (nunca del docente de Geometría), que también debe apoyar en la realización de la temática completa de la etapa correspondiente (se supone que incluye a la Geometría) donde

<sup>101</sup> “Este plan...Su diseño pretende..., hacer de éste un instrumento eficaz, abierto, dinámico y flexible que promueva la *integración* no sólo de distintas visiones y concepciones de la arquitectura, sino de *materias*, ciencias y procedimientos tecnológicos auxiliares... (Presentación del Plan de Estudios 1999, FA. UNAM, p. 5)

aquel se *mantendrá en contacto personalizado con cada estudiante*, así como permanentemente con el equipo de profesores, para tener una visión de conjunto de los avances y problemas académicos.

También se expresa de la forma de evaluación en tres momentos determinados –diagnóstica, formativa y sumativa- donde se aplicará mediante ejercicios cortos que permitan indagar su nivel de Taller pero no en Geometría.

Como modalidad académica del Taller de Arquitectura los docentes y discentes se integran en un ámbito de trabajo común, bajo los contenidos temáticos en los siguientes seis campos de conocimiento significativos:

1. La aproximación a los problemas.
2. La reflexión histórica crítica.

Estos se refieren a los vínculos entre proyecto y los conocimientos teóricos e históricos del fenómeno urbano-arquitectónico.

3. Los conceptos de proyecto arquitectónico.
4. El proceso del proyecto y su representación.
5. La expresividad de la arquitectura.

Estos se relacionan con el ejercicio y la práctica del proyecto. En este momento del análisis para la comprensión del proceso de formación, no de educación, en estos campos ha de suponerse porque no se explica, que la Geometría hace su aparición, pero ambiguamente debe considerarse que también la expresión en forma de dibujo está presente, por tanto, no queda claro en donde se enseña, aprende y evalúa la Geometría específicamente.

6. Las factibilidades del objeto arquitectónico.

Este establece un nexo entre el proyecto y sus aspectos tecnológicos, constructivos y económicos.

Los temas didácticos que conforman las actividades educativas (como la Geometría) del Taller de Arquitectura se organizaron en función del nivel formativo de cada una de las etapas con la secuencia definida. Eso nos lleva a observar que el nivel formativo de la Geometría debiera comenzar en el segundo semestre y no en el primero cuando siempre se había enseñado y aprendido en el primer año o semestre. Tales temas se refieren a los conocimientos y habilidades que el discente obtiene y desarrolla durante su formación.

A continuación se presentan los contenidos temáticos por etapa y los contenidos de Geometría para el Taller de Arquitectura. (Ver anexo 5)

## TALLER DE ARQUITECTURA II

### Objetivos pedagógicos de la etapa:

Uno de ellos será:

- El adiestramiento en la comprensión de la estructura geométrica –desde que punto de vista; geoméricamente, histórica o teóricamente-, y en la capacidad de representación gráfica del proyecto, mediante el aprendizaje de los métodos, instrumentos y códigos de comunicación utilizados en la práctica profesional (faltaría complementar diciendo que por medio de las montañas, proyecciones diédricas, o geométricas enseñadas en Geometría Descriptiva).

A partir de la temática didáctica como etapa básica, en los 6 campos mencionados con anterioridad y en su desglose conceptual de cada uno, todos adolecen de los términos geométricos como disciplina para la formación del discente.

## TALLER DE ARQUITECTURA III y IV

### Objetivos pedagógicos de la etapa:

En esta etapa el discente entre otras actividades integrará a su formación los conocimientos que se producen a través de:

- La fundamentación de la expresión arquitectónica con base en criterios de solución estructural y constructiva, así como de configuración *geométrica*, integrados a los elementos del lenguaje arquitectónico.

A partir de la temática didáctica como etapa de desarrollo, en los 6 campos mencionados con anterioridad y en su desglose conceptual de cada uno, todos siguen adoleciendo de los términos geométricos como disciplina para la formación del discente.

Al analizar el documento que rige la propuesta académica de la Facultad de Arquitectura objeto de esta investigación, resulta que se descubre que en la asignatura de Representación Gráfica del Taller de Arquitectura II (2º semestre) se lee:

#### **5. Dibujos axonométricos e isométricos**

##### *5.1 Características y aplicación de los dibujos axonométricos e isométricos como recurso de la representación de elementos arquitectónicos y detalles constructivos (plan 1999: 29)*

Y en la asignatura de Geometría correspondiente al Taller Arquitectura IV (4º semestre) se lee en su contenido temático:

#### **2. La geometría y la perspectiva**

##### *2.2 Isometría, axonometría y proyección cónica*

Como se observa la propuesta didáctica del plan sufre contradicción en cuanto a los contenidos temáticos para dos asignaturas que aparentemente son distintas, lo cual nos lleva a reflexionar porque enseñar el mismo tema en dos asignaturas y en diferente etapa, cuando la isometría y la axonometría son del campo de la Geometría y porque no enseñarla en la Geometría del Taller de Arquitectura I, ni siquiera en el II.

**(2017) Plan de Estudio Facultad de Arquitectura**



Figura 48. Portada del Plan de Estudios 2017. Licenciatura en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UNAM 2017.

Este nuevo Plan de Estudios (figura 48) establece que a lo largo de 62 años de vida académica en la Ciudad Universitaria, la FA ha impulsado nuevos enfoques y conceptos en diversos momentos que, al diversificarse, han reforzado y “modernizado” la perspectiva académica, planteamiento que no se ha visto para con la enseñanza de la Geometría Descriptiva.

La Geometría como parte de la enseñanza de la arquitectura se sigue manteniendo en la Etapa Básica y sus contenidos complementan al Taller integral de Arquitectura. Como eje curricular de la carrera.

Para la aplicación de este nuevo Plan de estudios caben las preguntas.

1. ¿Qué teorías educativas son apropiadas para la enseñanza de la Geometría?
2. ¿Se puede estudiar la enseñanza de la Geometría sin tener un conocimiento profundo de la Geometría misma?

Según la visión educativa del Plan este proyecto está basado en el constructivismo, principalmente desde las propuestas de los teóricos: Piaget, Ausubel y Vigotsky, ¿sus teorías educativas serán las apropiadas para la enseñanza de la Geometría Descriptiva, no siendo estos geómetras? Sin embargo se indica en dicho plan que el ejercicio arquitectónico a través del Taller integral, involucran un gran número de variables que implica un aprendizaje complejo, gradual, sostenido y continuo que se apoya en varias disciplinas como las matemáticas entre otras, pero nunca se menciona a la Geometría como base de esta comprensión y la producción de totalidades, al menos que se suponga que se encuentra implícita en las matemáticas.

**Mecanismos de flexibilidad**

SERIACION	SERIACION OBLIGATORIA	
ASIGNATURA	ASIGNATURA ANTECEDENTE	ASIGNATURA SUBSECUENTE
PRIMER SEMESTRE		
GEOMETRIA I		GEOMETRIA III
SEGUNDO SEMESTRE		
GEOMETRIA II		GEOMETRIA III
TERCER SEMESTRE		
GEOMETRIA III	GEOMETRIA I Y II	

*Esquema parcial de los mecanismos de flexibilidad del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 2017. p.8 Tabla: J. E. Ramírez A.*

SERIACION	SERIACION INDICATIVA	
ASIGNATURA	ASIGNATURA ANTECEDENTE	ASIGNATURA SUBSECUENTE
PRIMER SEMESTRE		
GEOMETRIA I		GEOMETRIA II
SEGUNDO SEMESTRE		
GEOMETRIA II	GEOMETRIA I	

Esquema parcial de los mecanismos de flexibilidad del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 2017. p.9 Tabla: J. E. Ramírez A.

El Plan no indica en este esquema que la Geometría en tercer semestre sea cursada, en consecuencia no tiene asignatura antecedente.

### Tabla de equivalencia

EQUIVALENCIA ENTRE ASIGNATURAS							
PLAN DE ESTUDIOS (1999)				PLAN DE ESTUDIOS (2017)			
semestre	créditos	clave	asignatura	semestre	créditos	clave	asignatura
2	25	1232	Taller de arquitectura II	1	03		Geometría I
3	25	1333	Taller de arquitectura III	2	03		Geometría II
4	25	1433	Taller de arquitectura IV	3	03		Geometría III

Esquema parcial de equivalencias del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 2017. p.12 Tabla: J. E. Ramírez A.

### Mapa curricular (Ver anexo 6)

PROCESO COGNITIVO	ETAPA BÁSICA		ETAPA DE DESARROLLO
ÁREA DE CONOCIMIENTO	1º SEMESTRE	2º SEMESTRE	3º SEMESTRE
PROYECTO	GEOMETRÍA I 3 créditos obligatorios 1 hora práctica 1 hora teórica	GEOMETRÍA II 3 créditos obligatorios 1 hora práctica 1 hora teórica	GEOMETRÍA III 3 créditos obligatorios 1 hora práctica 1 hora teórica

Esquema parcial del mapa curricular del plan de estudios, presentado en el documento explicativo de la facultad de Arquitectura de la UNAM en 2017. p.16 Tabla: J. E. Ramírez A.

Así mismo, en el segundo semestre de la asignatura Expresión Gráfica II en el tema 4 (El desafío de la gravedad) en el apartado 4.2, se establece el subtema Geometría y Edificación. También en el tercer semestre de la asignatura Sistemas Estructurales Básicos II en el tema 1 (Los sistemas estructurales de resolución estática) en el apartado 1.3, se establece el subtema Centroides y su relación con la configuración geométrica.

Existe una contradicción en el orden del contenido temático entre las asignaturas de Expresión Arquitectónica y Geometría III, debido a que el subtema 1.1 (perspectiva interior y exterior arquitectónica) de la primera asignatura está en primer orden y el tema 4 (trazo geométrico de la perspectiva) de la segunda asignatura se enseñaría hasta un poco más de medio semestre, en consecuencia como es que se aplicarían estos conocimientos al principio de la asignatura de Expresión si en teoría todavía no se aprende. Además el objetivo general establece que el alumno aplicará técnicas para representar gráficamente el espacio-forma mediante perspectivas digitales, y por ninguna parte se establece en que asignatura se deba aprender o enseñar digitalmente esta técnica, lo que podría suponer que fuera en la asignatura de Expresión Gráfica II ya que no aparece su contenido temático ni su objetivo general.

Se observa en el nuevo Plan que los conceptos geométricos aprendidos en la Etapa Básica se aplicarán en la siguiente Etapa denominada de Desarrollo, debido a que se establece por ejemplo en el Taller Integral de Arquitectura II (4º semestre) en el sub-subtema 1.1.6 correspondiente al subtema Lenguaje arquitectónico, la Geometría Estructural en los proyectos, de igual manera su objetivo general es el de que el alumnado propondrá la aplicación de los conocimientos de la Geometría como ordenadora de la forma, la representación gráfica y volumétrica que intervienen en el proceso de producción arquitectónica. También en este mismo semestre en la asignatura de Sistemas Estructurales Básicos III en el subtema 1.2 se establece la Configuración geométrica basada en la pluralidad de formas.

En lo referente a la utilización de técnicas o medios digitales para su representación como ya vimos desde el tercer semestre se viene solicitando de manera obligada, porque dice: manual y digital, no hay opción y aun hasta en los semestres posteriores se sigue manejando esta opción, sin que aparezca un contenido temático o asignatura específica en cuanto a su enseñanza, esto implica que de alguna manera se le está dando un peso didáctico a estas herramientas, lo que conlleva que la enseñanza de la Geometría pueda ser aprendida con herramientas y técnicas digitales, sin embargo, lo complicado será en qué momento se podrá aprender digitalmente si la asignatura denominada “Herramientas Digitales en la Expresión Arquitectónica” es optativa y se puede cursar exclusivamente a partir del sexto semestre y esta asignatura está en la misma línea de interés profesional que las geometrías, lo cual le resta opción a éstas de ser cursadas de inmediato como optativas.

El nuevo Plan oferta asignaturas optativas de elección a partir de la Etapa de Profundización (sexto semestre) y durante las siguientes dos etapas: la de Consolidación y de Síntesis, y dentro de la línea de interés profesional: Expresividad Arquitectónica se encuentran tres asignaturas que involucran a la enseñanza de la Geometría. (Ver anexo 7)

A partir de este contexto histórico conceptual, instrumental y académico es como se hace evidente en la actualidad una problemática en cuanto a la enseñanza y por ende al aprendizaje de la Geometría Descriptiva como un problema de conocimiento, mismo que se verá reflejado en el siguiente capítulo por medio de un cuestionario y observaciones a las clases de Geometría Descriptiva que alumnos de las ETS en España tuvieron. Y es a través de estos cuestionarios como es que hoy en día los alumnos tienen una actitud hacia esta enseñanza actual para comprenderla mejor.



*“Lo último que uno sabe, es por dónde empezar”*

*Blaise Pascal (1623-1662)*



*LAUDA SEPULCRAL DE HUGO LIBERGIER (m. 1263) Originalmente en San Nicasio pero hoy en la catedral de Reims, le muestra sosteniendo su vara de medir y un modelo de la iglesia, mientras a sus pies se hallan la escuadra de albañil y un calibre.*

## CAPITULO 2

### LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA COMO CONOCIMIENTO

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 CRITERIOS SOCIO ACADÉMICOS Y PSICOPEDAGÓGICOS PARA REVISAR LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

###### 2.1.1.1 Estudio análogo de las Escuelas Técnicas Superiores de la Universidad de Granada en España

Se requiere, establecer algunas consideraciones respecto a la diferencia de visualización entre una investigación originada en México y que involucra hechos generados en España por ejemplo, contra el mismo caso pero partiendo de una visión europea. En México, por razones de la dependencia de decisiones económicas y culturales generadas en ultramar a partir de la llamada “conquista”, se presenta una situación académica que, aunque sutil para el europeo, forma parte de las condiciones de preparación de los arquitectos: lo que para los discentes mexicanos representa analizar la historia de los movimientos arquitectónicos europeos como una disciplina necesaria, además de incorporar conocimientos sobre su propia historia; para los españoles y europeos en general, lo primero forma parte de su herencia cultural asimilada paulatinamente con la vivencia diaria y colectiva.

Así, la historia y evolución de la enseñanza de la Geometría Descriptiva se encuentra registrada con abundancia en las diversas etapas del desarrollo de la cultura occidental, derivando su influencia hacia las colonias a partir del siglo XVI.



Figura 49. *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada, España 2018.*

Figura 50. *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada, España 2018.*

Figura 51. *Escuela Técnica Superior en Arquitectura. Universidad de Granada, España 2018.*

*Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Se analiza la situación actual de las cuestiones más importantes de la enseñanza de la Geometría Descriptiva en las Escuelas Técnicas Superiores en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (figura 49), de Edificación (figura 50), así como en la de Arquitectura (figura 51) de la Universidad de Granada en España.

Como parte de esta investigación y para construir la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva sobre un sistema didáctico lo más sencillo posible, se deduce de él las más importantes clases de los docentes involucrados, de manera tal, que en ese proceso aparezcan con la claridad de interpretación de esas clases de distintos grupos y el alcance de las consecuencias que aisladamente se deriven de cada una de ellas.

Desde un punto de vista práctico, y sin olvidar el objetivo indicado, se exponen los diferentes asuntos en forma progresiva, empezando por los conceptos más elementales para llegar por un suave escalonamiento al planteamiento y resolución, de un modo lógico y natural de la problemática de investigación en la práctica docente de la Geometría Descriptiva actual.

La Geometría Descriptiva –ese ente que se muestra como amorfa, como una única o uniforme, como sin sentido, como desubicada y sin estructura aparente- se le ha constituido desde siempre, y quizá porque la Geometría, siendo a la vez forma del pensamiento y pensamiento de la forma. Es, desde cualquier posicionamiento teórico o axiológico, una de las asignaturas más complejas y dinámicas de las carreras técnicas. Por ello, el interés investigativo desarrollado en España las últimas décadas es a su vez diverso y demanda un abordaje inmediato.

Sin embargo y aunque se ha reconocido por siglos universalmente que el estudio en materia de Geometría plana básica (métrica) en general y Geometría Descriptiva (diédrica) en particular, son importantes, tal que deben formar parte de todo plan racional de enseñanza siempre en las escuelas de nivel elemental y superior. La Geometría no es una ciencia que sólo estudian los eruditos o los “inteligentes”, debe de enseñarse a un mayor número de discentes (por ejemplo; se imparte en la carrera de Ingeniería Química) y de cualquier condición.

Se plantea aquí una propuesta para que sea investigada a través de diferentes insumos conceptuales que analicen trazos analíticos (líneas de investigación) sobre algunos escenarios presentes en la enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva; y la posible correlación existente entre dimensiones de análisis y campos temáticos que se ponderan como; el desfavorecimiento, la vulnerabilidad, la cultura y la identidad de los discentes de una profesión técnica que requiere de esta herramienta para desarrollarse.

De acuerdo a la experiencia, el método de proyecciones auxiliares con sus respectivas trazas se emplea constantemente en estas clases. Cada proyección muestra al objeto en sí mismo, por tanto, no existen proyecciones ni planos imaginarios. La línea de tierra, o de referencia, en algunos casos no tiene ninguna significación espacial, sirviendo únicamente como un medio necesario para la construcción de nuevas proyecciones, es decir, en la ETS de Arquitectura no la utilizan, porque lo resuelven en lo que denominan diedro directo (montea biplanar), lo que en las otras escuelas si la utilizan; así, el discente, piensa sólo en el objeto proyectado, y en relación lógica entre las proyecciones. La importancia de los conceptos se basa en la lógica y no en la imaginación.

Tradicionalmente, la Geometría Descriptiva se ha enseñado, más bien, como un curso de visibilidad; el entendimiento se basaba en la imaginación (Wellman, 1987), y el discente que careciera suficientemente de ella estaba condenado al fracaso. La experiencia nos ha convencido que este sistema ha sido defectuoso. La Geometría Descriptiva es una *ciencia* basada en hechos reales, por consiguiente debe ser enseñada en varios cursos de razonamiento lógico y no en dos o uno en el mejor de los casos. La percepción visual debe continuar, pero no preceder al razonamiento; la imaginación, siempre puede ayudar, pero no siempre es suficiente porque no encuentra la solución de un problema geométrico.

Por lo anteriormente dicho, la visibilidad de un objeto visto en dibujos de proyecciones, desde múltiples puntos de vista (Planos de Proyección: Horizontal, Vertical o Frontal y Lateral o auxiliar), estará basada en lógicas conclusiones que se deduzcan de la observación -problema que sigue persistiendo en los discentes- y sobre todo de un exacto juicio analítico. Se debe evitar las conjeturas y las fantasías de la imaginación.

Una pregunta recurrente que planteó un discente fue:

*Si no se puede imaginar lo que las nuevas proyecciones parecen entonces, ¿cómo dibujarla?*

La respuesta a esto será siempre:

*Si no tienen ideas preconcebidas podrán seguir adelante y dibujar la proyección sin prejuicios de ninguna clase. Seguir exactamente las reglas y principios de la Geometría Descriptiva que han aprendido en sus cursos; cuando la proyección esté terminada, verán perfectamente que lo parecido con lo que conocían es lo correcto.*

Con este método de enseñanza se le inculca al discente a emplear, solamente, hechos comprobados; aprenden a no seguir procediendo cuando no tenga razones convincentes. Debían resolver cada problema observando detenidamente los datos seguros e innegables que se les proporcionaban (figura 52); recordando los principios aprendidos y que realmente pueden aplicar, y entonces, siguiendo el razonamiento lógico llegarán a la verdadera conclusión.

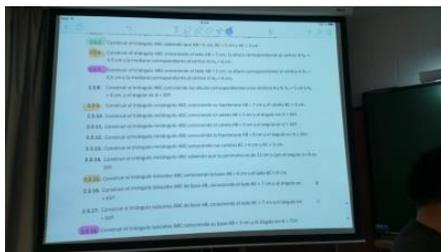
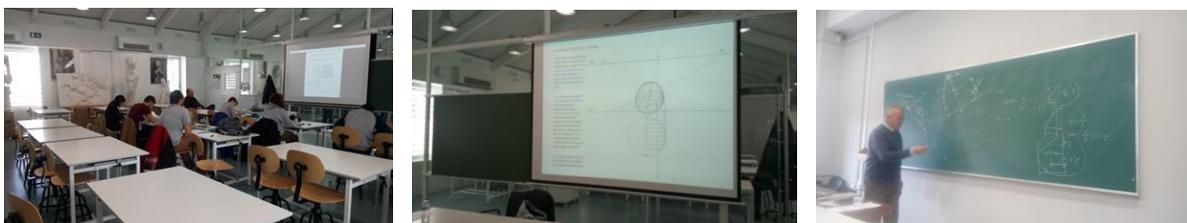


Figura 52. Aula de la *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada, España 2018. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Cada apunte de clase ha sido examinado, comprobado y escrito con la máxima claridad para que la referencia sea más fácil, cada ejercicio teóricamente ha sido cuidadosamente estudiado, y los principios más importantes han quedado establecidos en forma de reglas, no para ser aprendidas de memoria, sino más bien, para resumir con el mínimo de palabras posible y para encontrar fácilmente cuando se busque. En forma semejante se ha establecido el análisis completo de importantes problemas, con un breve resumen. Las ilustraciones gráficas se han empleado libremente, para mostrar los conceptos fundamentales. El esquema de notaciones es sencillo y fácil de recordar. Se ha agregado como nuevo para el análisis de la didáctica, el uso de proyecciones digitales aplicadas teóricamente (figuras 53 y 54), así como de aplicaciones a la ingeniería como lo son los terraplenes y los cortes en terrenos. Para estos temas se aplican totalmente la teoría y los principios básicos que se establecen en clases, y son explicados con ejemplos prácticos específicos en la pizarra con gis. (figura 55).



Figuras 53. Aulas de la *Escuela Técnica Superior en Arquitectura. Universidad de Granada, España 2018.*  
*Clase del Arq. Rafael Rodríguez Sáez. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Figuras 54. Aulas de la *Escuela Técnica Superior en Arquitectura. Universidad de Granada, España 2018.*  
*Clase de la Dra. María del Carmen Vilchez Lara. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Figura 55. Aula de la *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada, España 2018.*  
*Clase del Dr. Francisco Moreno Vargas. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

El disponer la asignatura en horas teóricas y prácticas, con temas básicos al final de cada uno de ellos, permite al docente programar el curso a su deseo, con la amplitud que prefiera y con la continuidad lógica con que los temas se van exponiendo. Sin embargo, bien se expliquen o no muchos de estos temas por cuestión de tiempo son siempre interesantes y necesarios, lo que ha permitido establecer diferentes métodos didácticos; como por ejemplo, en la ETS de Ingeniería en Edificación son dos horas de teoría previa a las dos horas posteriores en otro día de clases prácticas. No así, en la ETS en Arquitectura donde el método varía siendo en una sola clase de cuatro horas de teoría y práctica al mismo tiempo.

El año universitario se caracteriza por la implantación total del Plan Bolonia en las universidades españolas. El proyecto no es más que la adaptación y unificación de criterios educativos en todos los centros europeos. Es algo similar a cuando se decidió crear el euro, tener algo que los pueda medir a todos por los mismos parámetros, pero en este caso educativos.

Los European Credit Transfer System (ECTS) son los nuevos créditos que regulan los estudios. Se diferencian de los anteriores en que no solo se miden las horas de clase. Antes, un crédito equivalía a 10 horas, y ahora también miden el trabajo del discente fuera del aula: en promedio un ECTS equivale a entre 25 y 30 horas de aprendizaje.

Su implementación en todas las universidades europeas permite unificar la valoración del discente, lo que se traduce en mayor facilidad de movimientos del discente por los centros de enseñanza superior del continente.

Determinadas carreras como arquitectura tienen contenidos regulados y se rige por una directiva europea específica que regula de forma expresa su contenido por la profesión que de ella se deriva. Arquitectura (330 créditos).

En este sentido el discente pasa de ser de agente pasivo a uno activo con el nuevo modelo educativo. El objetivo es que tome sus propias decisiones con respecto a su aprendizaje a la hora de elegir un itinerario u otro o al elegir una especialización. Bolonia requiere al discente un esfuerzo mayor por, entre otras cosas, la realización de trabajos y la asistencia constante a clase. Ya no basta con estudiar solo para el examen.

Conceptos como la evaluación continua, tutorías académicas y fomento del aprendizaje activo caracterizan el nuevo papel del docente en la educación superior. De esta forma, junto a las clases magistrales se combinan las tutorías específicas y otras modalidades de enseñanza más prácticas e individualizadas, como talleres, sesiones de laboratorio o seminarios y el fomento de los trabajos conjuntos entre los discentes. Además, se potencia la comunicación y el desarrollo de los planes docentes entre los docentes. El docente será como la sombra del discente.

El Plan Bolonia deja prácticamente en manos de cada universidad el diseño de los grados. En la nueva ordenación de enseñanzas universitarias no hay un catálogo de títulos; solo se fijan unas directrices, como tener enseñanzas básicas y que deban tener un trabajo de fin de grado. Ello no significa que cada centro pueda hacer lo que quiera. Una vez que las universidades plantean su oferta, ésta es revisada y aprobada por la ANECA, la Agencia de Evaluación dependiente del Ministerio de Educación.

Independientemente de cómo se le nombre a la asignatura de Geometría Descriptiva y que tenga influencia en el área de las denominadas “carreras técnicas” como son consideradas en España a la Arquitectura, a la Ingeniería y ahora a la Edificación (antes de aparejador) marca una directriz meramente gráfica en la actualidad acompañada de un exceso de teoría que con la implantación del Plan Bolonia no permite detenerse en los contenidos, por los tiempos reducidos como consecuencia. Siendo una asignatura con un mayor grado de similitud respecto a los sistemas de representación, siendo menos específica la Geometría Descriptiva, y por ello, “más genérica y de un mayor alcance por lo que puede dar cabida a un mayor número de conceptos geométricos”<sup>102</sup>. Pero tenemos que ser claros al decir que no sé encontró la diferencia entre teoría y práctica. Y esto se debe a que es una asignatura teórica de mayor componente gráfico (dibujo) o, “es la asignatura gráfica de un mayor contenido teórico”<sup>103</sup>. De esta manera no se encuentra la relación teoría-práctica cuando para hacer hay que ver y memorizar postulados (axiomas) en el peor de los casos, es decir, parece ser que se sigue enseñando mecánicamente la Geometría Descriptiva, por lo cual decía Platón *...que procediendo de manera mecánica se pierde irremediablemente lo mejor de la geometría...* Podemos hacer una reflexión, continúa diciendo el Dr. Gómez Vargas; “derivada del hecho de que, es innegable, que se liga a aprender muy poco si sólo se presta atención a las construcciones gráficas” y

---

<sup>102</sup> Gómez Vargas, Juan Carlos, *Análisis de los contenidos y el método didáctico de la asignatura de geometría descriptiva desde su perspectiva histórica*, Departamento de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada, España, 2016, p. 19.

<sup>103</sup> Gómez Vargas, Juan Carlos, *Op. Cit.*, 2016, p. 19.

bueno sería que también fueran creando “bonitos y delineados dibujos”, es, decir, bien trazados, para que se comprendan.

Lo que se considera un método didáctico eficaz, dado que invariablemente de que se deban consultar libros de texto, es el que los discentes tengan el cuadernillo con toda la teoría, los temas a estudiar, para con ello el discente previamente vaya con los conocimientos necesarios.

Dada la creciente masificación y globalización tecnológica de la *enseñanza* en la universidad, nos guía a pensar que la instrucción de los discentes en una formación muy práctica, tiende a agudizar la manera de *enseñar* la Geometría Descriptiva especialmente en las escuelas con ideología técnica. “Esto puede ir en contra de los objetivos del docente” dice Gómez Vargas, al no crear en el discente un pensamiento crítico-reflexivo objetivo principal de la Geometría Descriptiva.

Pues bien, el atávico problema de la problemática en la metodología de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, que se plantea por la complejidad que representa la transmisión de sus conocimientos<sup>104</sup>, es:

- cómo enseñarse
- que enseñarse
- para que enseñarse

Si bien se plantea una metodología de *enseñanza* de la Geometría Descriptiva, basada en tres métodos: el didáctico, el dialéctico y el heurístico, se tratará de ejemplificar los tres con lo observado en clases.

El más empleado es el método didáctico; esto es, que significa que la actividad del docente como expositor de los conocimientos teóricos o prácticos, es el máximo y único exponente, quedando limitada o nula la labor del discente como receptor de las enseñanzas. (figuras 56a, 56b y 56c)



Figura 56a y b. Clases en la *Escuela Técnica Superior en Arquitectura. Universidad de Granada, España 2018.*

*Clases de la Dra. María Dolores Lara M. y del Arq. Rafael Rodríguez S. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Figura 56c. Clase en la *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada, España 2018. Clase del Dr. Miguel Ángel León. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano*

Por el contrario, en el método dialéctico, el discente tiene alcance a una plena participación, pues consiste en una continua conversación entre discente y docente, en la que este va exponiendo una serie de temas y preguntas para ser contestadas por los primeros. Lo cual sucede poco en esta asignatura, por su complejidad, más bien las preguntas es en la práctica cuando se comienzan a resolver los problemas geométricos gráficamente (figura 57) casi nunca en la teoría.

<sup>104</sup> Gómez Vargas, Juan Carlos, *Op. Cit.*, 2016, p. 24.



Figura 57. Aula de la *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Edificación*. Universidad de Granada, España 2018. Clase aclarando dudas del Dr. Francisco Moreno Vargas. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano

Por último en el método heurístico, al ser típico de la investigación, se le deja en libertad al discente para que tome la iniciativa relativa al estudio y aprendizaje de los temas y conceptos, algo que se ve difícil se pueda ejecutar en esta asignatura dado que al quedar reducida la labor del docente a la dirección de los trabajos y por ende a su crítica, no se concibe como pueda aprender el discente si vemos que es una asignatura que requiere explicación teórica y práctica. Método que no se aplicó.

Por otra parte no se observó que se trabajara en equipo, o se hicieran ejercicios colaborativos. Tampoco existe el trabajo manual, ya sea en forma de tarea o como taller en el aula, es decir, ya no se trabaja el modelo a escala (*paradeigmata*) para la comprensión del espacio tridimensional o la demostración de la teoría como forma práctica ya que como se ha señalado, la Geometría Descriptiva es una ciencia basada en hechos reales, que al discente, por consiguiente debe ser *enseñada* con este método de razonamiento lógico.

Sin embargo y a pesar de las clases teóricas por medio de pantallas en el aula simulando una clase con nueva tecnología, se sigue empleando el método tradicional, es decir, solo transmisión de conocimientos, dibujando en pizarra con tiza o gis, a mano alzada (figuras 58a y b), nunca con instrumentos de trazo, incluso se tiene la sospecha que esos van a desaparecer como método de enseñanza de la Geometría Descriptiva, sino es que ya desaparecieron. Lo que someramente permite al discente a tomar notas y solamente escuchar. Insistimos que es una asignatura en la que se escucha, se observa y prácticamente al mismo tiempo se desarrolla. En la metodología de todos los casos las habilidades de los docentes relativos al dominio del tema de conocimiento y de la capacidad de expresión fueron precisas y claras. (Dominio de los conceptos y axiomas de la Geometría Descriptiva).

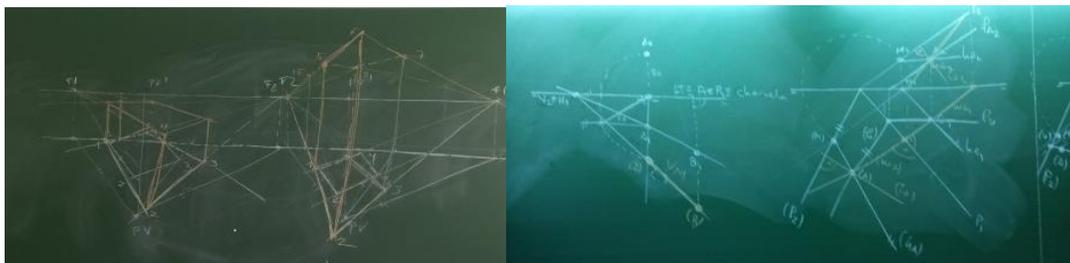


Figura 58a. Clase en la *Escuela Técnica Superior en Arquitectura*. Universidad de Granada, España 2018. Clase de la Dra. María Dolores Lara M. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano

Figura 58 b. Clase en la *Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos*. Universidad de Granada, España 2018. Clase del Dr. Miguel Àngel Leòn. Imágenes: J. E. Ramírez Arellano

Ha sido el objetivo, compaginar el rigor de la lógica y la claridad que exige, para poner de manifiesto al discente de las carreras técnicas el procedimiento didáctico del trazo de esas huellas o trazas que deja el lápiz tras de sí en el movimiento de las escuadras paso a paso, que ordenadamente se debe ir explicando para la solución de un problema geométrico realizando su construcción también con el compás, según como la iniciaron los griegos y que comprendemos en términos tradicionales, a pesar de que sea un método con muchas restricciones, algunos de los cuales suenan hasta un poco caprichosos.

En una manera de habituar al discente a analizar y comprender los conceptos y axiomas de que la Geometría se apoya, es no tener la idea o necesidad de decirle que se los “tenga o deba” aprender de memoria, ni sería el objetivo de ningún método de enseñanza de la Geometría. Y aquí surge una pregunta que se plantea; ¿Qué tanto ha evolucionado la enseñanza de la Geometría Descriptiva, ha sido comprendida a partir de las nuevas tecnologías?

En este espectro de metodologías como lo son: el didáctico, el dialéctico, el heurístico, el tradicional, los activos y la lección magistral, ¿cuál será el apropiado para la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva en esta era digital?

Todavía se sigue sin homologar las abreviaturas y términos referentes a la nomenclatura a utilizar, que consideramos es importante sobre todo para la unificación de criterios didácticos. Un factor común denominador en las clases de Geometría Descriptiva sigue siendo la monotonía, la falta de interés, la falta de motivación por parte de los docentes y por consecuencia existe el aburrimiento.

Enseñar y aprender a trazar utilizando la escuadra y el cartabón como instrumentos de dibujo coordinadamente en el primer año de cualquier carrera técnica es un objetivo didáctico clave para el *aprendizaje* de la Geometría Descriptiva que se ha perdido. Cuya finalidad debe ser facilitar el conocimiento del espacio, para desarrollar con ello la creatividad, y los procesos de orden en el trazo básico para realizar un conjunto de fases, que generen un proceso mental con un método y técnicas de representación estructuradas para ejecutar paso a paso la resolución de un problema dado, esto nos lleva a concluir que si un problema se tiene que resolver paso a paso en orden sin saltarnos ningún procedimiento, de esa misma manera debe ser enseñada la Geometría Descriptiva. De esta manera sencilla, concreta, explícita e inequívoca el docente exprese y se dé a entender con el discente, para que él pueda realizar lo mismo sin importar quien sea su lector. Primer requisito para ser arquitecto o ingeniero es conocer la Geometría y después aprender de ella, paso a paso. En este sentido se coincide con el Dr. Gómez Vargas, al decir que la Geometría Descriptiva es una asignatura básica que debe *dominar* cualquier estudiante de carreras técnicas.

Este planteamiento, que es tan simple, parece sin embargo ser conflictivo tanto para discentes como para docentes ya que desde hace años el tema de la Geometría Descriptiva, aceptado por todos como asignatura importante, no acaba por encontrar su lugar en el desarrollo efectivo de los cursos semestrales en las carreras universitarias. Y lo que es más sorprendente, el conocimiento geométrico se va olvidando a medida que avanzan los discentes en los niveles subsecuentes de sus estudios.

Como cualquier disciplina, pero específicamente en la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva, se apunta lo que el Dr. Gómez Vargas dice al respecto; “el tipo de método de *enseñanza* empleado resulta fundamental para que la asignatura se comprenda, y al mismo tiempo, resulte atractiva” para el discente que estudia Geometría Descriptiva, y se coincide en el sentido de que la Geometría Descriptiva de marcado carácter práctico pero, al mismo tiempo, donde es necesario un amplio conocimiento de Geometría elemental, básica o métrica mediante su estudio y análisis, adquiere un especial significado.

Sin embargo la tendencia didáctica en las universidades actualmente es del paso del método didáctico tradicional, hacía el método heurístico según Gómez Vargas, pero en el caso concreto de la *enseñanza* de la Geometría Descriptiva en las escuelas donde se imparte y que la ideología es puramente tecnológica, la pregunta queda en el aire; ¿es fácil aplicar un método concreto, o la complementación de distintos en la Geometría Descriptiva? Esto puede ser contraproducente dado que, como se ha apuntado el método tradicional tiende a ser obsoleto por los métodos didácticos basados en el uso de tecnologías digitales, lo que implicará que el discente tenga que asumir una carga de más, aun contando con la tutoría del docente. Donde el docente además de tener conocimientos en Geometría Descriptiva, tendrá métodos o simplemente técnicas didácticas adecuadas que atraigan la atención del discente y le haga atractiva la comprensión y desarrollo del aprendizaje de la Geometría Descriptiva.

Por esa razón se necesita continuar al intentar contribuir a la presencia y actualización de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, parece ser que aún son necesarios y mayores esfuerzos para facilitar que una buena *enseñanza* de la misma se abra camino, no en los planes de estudio y en los textos específicos donde ya está, sino en las aulas.

### **Currículo y Planes de estudio**<sup>105</sup>

El largo proceso hacia la convergencia europea en materia educativa ha tenido como principal objetivo, tras la Declaración de Bolonia de 1999, el establecer un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) antes de 2010, promoviendo la cooperación europea, la movilidad, un sistema común de créditos (ECTS) y, sobre todo, un sistema de titulaciones afines y comparables. Ajustándose a estos parámetros, una amplia representación de las distintas escuelas de Arquitectura de España elaboraron el Libro Blanco del Título de Grado en Arquitectura, apoyado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA).

La propuesta de Plan de Estudios (ver anexo 8) se ha elaborado siguiendo las directrices y la filosofía del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, y cuyo Capítulo II, Artículo 9.1, lo dedica expresamente a las de las enseñanzas de Grado. El nuevo título da lugar a una incorporación al mercado de trabajo más tardía de lo previsto con carácter general para nuestro acceso al espacio europeo de educación superior.

---

<sup>105</sup> El Programa de Convergencia Europea de ANECA (2003-2006)

([http://www.aneca.es/publicaciones/docs/publi\\_convergencia\\_060620.pdf](http://www.aneca.es/publicaciones/docs/publi_convergencia_060620.pdf))

Directiva 2005/36/CE DEL Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de septiembre de 2005, relativa al reconocimiento de cualificaciones profesionales.

Libro Blanco del Título de Grado en Arquitectura (ANECA).

([http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco\\_arq\\_borrador.pdf](http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco_arq_borrador.pdf))

Acuerdos de la Conferencia de Directores de las Escuelas de Arquitectura relativos al Título de Grado en Arquitectura, celebrada en Valencia los días 14 y 15 de diciembre de 2007. Acuerdos que establecen una serie de recomendaciones sobre los criterios a aplicar en los Planes de Estudios que desarrollen el acuerdo del Consejo de Ministros que establece las condiciones a que estos deberían adecuarse y a la Orden Ministerial que determina los requisitos correspondientes.

Acuerdo de las Escuelas de Arquitectura andaluzas, en sesión plenaria celebrada en Granada el 3 de Junio de 2008, donde quedaron fijadas las materias básicas y la estructura modular del 75% restante de contenidos comunes del Grado. Acuerdo que fue ratificado por la Comisión de Rama de Ingeniería y Arquitectura de la Red Andaluza.

### Competencias específicas que proporciona la titulación

La ORDEN ECI/3856/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto (mediante la cual el Ministerio de Educación y Ciencia da respuesta a la disposición adicional novena del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre), establece las siguientes competencias como garantía de que los discentes adquieran las competencias exigidas por Directiva Comunitaria:

EN01.- Aptitud para: a) Aplicar los procedimientos gráficos a la representación de espacios y objetos; b) Concebir y representar los atributos visuales de los objetos y dominar la proporción y las técnicas del dibujo, incluidas las informáticas.

EN02.- Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de: a) Los sistemas de representación espacial; b) El análisis y teoría de la forma y las leyes de la percepción visual; c) **La geometría métrica y proyectiva**; d) Las técnicas de levantamiento gráfico en todas sus fases, desde el dibujo de apuntes a la restitución científica; e) Los principios de la mecánica general, la estática, **la geometría de masas y los campos vectoriales y tensoriales**...

EN03.- Conocimiento aplicado de: El cálculo numérico, **la geometría analítica** y diferencial y los métodos algebraicos.

#### 2.1.1.2 La didáctica de la Geometría Descriptiva como objeto de investigación

El análisis de las tesis de titulación a nivel licenciatura, maestría y doctorado de la Facultad de Arquitectura que abordan el tema de la enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva, así como la bibliografía existente en la Biblioteca Central de la UNAM es una fuente histórica valiosa de información en la actualidad y de las inquietudes prevalecientes en otros periodos de enseñanza.

La tesis como ejercicio académico invita al discente de arquitectura a escoger, desarrollar y justificar una investigación o proyecto de tesis propia.

#### Tesis que precedieron a esta investigación.<sup>106</sup>

TESIS SOBRE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA										
TEMA	1962	1963	1995	2002	2004	2007	2011	2013	Totales	%
<b>General</b>	1	1						1	3	37.5
<b>Particular</b>			1	1	1	1	1		5	62.5
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>100</b>							

<sup>106</sup> Fuente: TESIUNAM - Tesis del Sistema Bibliotecario de la UNAM, Dirección General de Bibliotecas, 2012.

Muestras del año título y autor de las tesis de licenciatura y posgrado sobre la enseñanza de la geometría descriptiva entre 1962 primer año en que se publica la primer tesis y 2013, año en que se publica la última tesis.

**GEOMETRÍA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

<b>TESIS DE LICENCIATURA EN LA UNAM</b>				
N°	Año	Título	Licenciatura	Discente sustentante
1	1962	Ensayo de curso de geometría descriptiva	Facultad de Ingeniería	Jorge Betancourt Cuevas para obtener el título de Ingeniero Civil
2	1963	Métodos analíticos y gráficos (por geometría descriptiva) empleados en la resolución de problemas que se presentan en topografía subterránea y comparación de los resultados obtenidos con ambos	Facultad de Ingeniería	Roberto J. González López para obtener el título de Ingeniero Topógrafo y Geodesta

<b>TESIS DE POSGRADO EN LA UNAM</b>				
N°	Año	Título	Posgrado	Discente sustentante
1	1995	La Enseñanza de Geometría en el Tronco Divisional de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM-Xochimilco	Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades Proyecto: Maestría de Educación Matemática	Iñiqui de Olaizola Arismendi para obtener la Maestría en Ciencias con especialidad en Educación en Matemáticas
	1996-2001			
2	2002	El Desarrollo de la Geometría Descriptiva, su aplicación y Enseñanza dentro de la Arquitectura	División de Estudios de Posgrado e Investigación (Análisis, Teoría e Historia) Director de tesis: Arq. Juan Manuel Dávila Ríos	Rebeca Trejo Xelhuantzi para obtener la Maestría en Arquitectura
	2003			
3	2004	La Geometría Descriptiva en el Proceso de Diseño: cambio conceptual de la enseñanza de la geometría en la licenciatura de arquitectura	Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura Asesor: Dra. Dulce María Barrios y Ramos García	Ma. Antonia Guadalupe Rosas Marín para obtener la Maestría en Arquitectura
	2005-2006			
4	2007	Estructuras ligeras : metodologías para el diseño de estructuras a través del trazo con geometría descriptiva y modelos físicos experimentales	Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura (Tecnología) asesor : Dr. Juan Gerardo Oliva Salinas	Ernesto Noriega Estrada para obtener el grado de Maestro en Arquitectura
	2008-2010			
5	2011	La Enseñanza de la Geometría Descriptiva en la Escuela Nacional de Artes Plásticas. El Caso de la Licenciatura en Artes Visuales Escuela Nacional de Artes Plásticas	Escuela Nacional de Artes Plásticas. Posgrado en Artes Visuales	Roberto Caamaño Martínez para obtener la maestría en Artes Visuales orientada a Grabado
3	2013	Geometría descriptiva : una investigación historiográfica y conceptual	Escuela Nacional de Artes Plásticas Asesor: Roberto Caamaño	Héctor Alonso Pérez López para obtener el título de Licenciado en Artes Visuales

*Tablas: J. E. Ramírez Arellano*

En consecuencia con lo señalado en los cuadros anteriores, “el nuevo patrón de desarrollo se orienta en el aparato educativo a producir exclusivamente los cuadros profesionales que dicho patrón requerirá, por tanto reconvertir la educación superior para que responda al nuevo modelo de acumulación, significa también reestructurar con la misma lógica al nivel de posgrado”.<sup>107</sup>

Es importante hacer notar lo que Samaniego expone al decir “que estas proposiciones sobre *modernización educativa* tienen una estrecha cercanía con la no tan moderna *teoría de la funcionalidad técnica de la educación*, expuesta por B. Clark en los años sesenta; en ella se afirma que existe un alto grado de correspondencia entre la estructura ocupacional como la reclama el desarrollo tecnológico y la educación impartida en el sistema educativo: *los cambios tecnológicos determinan los cambios educativos*”, lo cual repercute a su vez en la futura inserción de los discentes en la estructura ocupacional.

La propuesta plantea la necesidad para la profesión de arquitecto y para la comunidad a la que sirve, de realizar investigación en diferentes campos, pero especialmente, en el campo de la didáctica en la Geometría para que contribuya a resolver diferentes problemas.

No se justifica decir que tengamos que aceptar que la investigación no sea una disciplina que caracterice a los arquitectos. Nuestra formación como hemos observado dentro de los planes de estudio de las escuelas de arquitectura ha estado siempre integrada por disciplinas dentro de tres campos básicos de conocimiento: El Diseño o Composición, la Tecnología o Edificación y las Humanidades, básicamente en el campo de la Teoría de la Arquitectura y la Historia del Arte.

La complejidad en la dirección de estos tres campos implica mucho estudio y dedicación, dado que para considerar los requerimientos para ser arquitecto “completo” se demanda un amplio conocimiento y el dominio de toda una gama de habilidades y talentos, así como de capacidades muy variadas que los lleve a la especialización de una de esos campos.

Es así que en el gremio o en la escuela hablamos de un colega que es “muy creativo” y buen “diseñador”, de otro que es estupendo “constructor” o “calculista” o de aquel que es “culto” porque estudia y conoce la historia de la arquitectura a fondo, o que teoriza con sensatez en torno a ella, pero prácticamente a nadie identificamos como un gran “geómetra” o “investigador”, ni siquiera a los que actualmente realizan alguna investigación.

Al hacer Luis E. Ocampo esta afirmación, necesariamente deja afuera de ella a distinguidos miembros de la comunidad universitaria y especialmente a algunos de ellos que precisamente por esa, su especial dedicación a la investigación, han merecido ser incluidos en el muy selecto grupo del Sistema Nacional de Investigadores (SIN-Conacyt), como el Dr. Carlos Chanfòn, el Dr. Tomás García Salgado, o el Dr. Gerardo Oliva, todos ellos investigando en el campo de la Geometría.

De cualquier forma, lo que no admite duda es el hecho de que la investigación en la enseñanza de la Geometría en nuestro país es escasa.

Por lo anterior surge un vínculo de una problematización que articula lo referido en el marco histórico y teórico con lo que implica la observación realizada en campo.

---

<sup>107</sup> Samaniego, Valentín, *El posgrado en investigación y docencia de la arquitectura y el urbanismo*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990, p.173.

“... se dice que una aguda y graciosa esclava tracia se burló de Tales, porque, mientras observaba las estrellas y miraba hacia arriba se cayó en un pozo; ávido por observar las cosas del cielo, le pasaban desapercibidas las que estaban detrás de él y delante de sus pies”

Platón, Teeteto.<sup>108</sup>



Geométrica alegoría. Representación de Gutenberg inventando los tipos (1830) de Jean Antoine Laurent. El inventor de los tipos móviles hace uso de los instrumentos geométricos que descansan en la pared: compás, escuadra, cartabón y regla

## CAPITULO 3

### DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN E INVESTIGACIÓN DE CAMPO

#### 3.1 MARCO METODOLÓGICO

##### 3.1.1 PROBLEMATIZACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

###### 3.1.1.1 ¿Por qué investigar sobre la enseñanza de la Geometría?

Tanto la pregunta como la respuesta pueden parecer obvias, pero —para ponerlo en términos comunes— necesitamos saber qué estamos haciendo, y como profesión, la educación en Geometría como objeto de investigación necesita conocimiento propio “no hay duda, el diseño se enseña aprendiéndolo. Es un proceso pedagógico de carácter dialéctico en el que la enseñanza-aprendizaje ocurre simultáneamente...<sup>109</sup>, quienes aprenden a conocer la Geometría diseñando, sientan las bases para operar creativa y tecnológicamente sobre la realidad en lo posible de carácter autocrítico. En un mundo que cambia, si no estudiamos, mejoramos y ajustamos nuestra profesión, la práctica educativa podría correr uno o varios riesgos.

En cuanto a la educación en Geometría, como ya se expuso, existe un exceso de afirmaciones ambiciosas que se repiten en todos los planes y programas de estudio producidos por las universidades. Además, se les da demasiada importancia al supuesto carácter real de los diseños en el Taller Integral de Arquitectura y a sus cualidades representativas.

Entonces bajo esta premisa:

- ¿Cuál es el papel de la Geometría en el proceso del diseño arquitectónico, en el de la teoría y práctica de la arquitectura y de la enseñanza en arquitectura?

En los Planes de Estudio de una escuela de arquitectura;

<sup>108</sup> Se puede afirmar, según Guthrie, que el diálogo fue escrito aproximadamente entre los años 369 y 367 a.C. Guthrie, W.K.C. *Historia de la Filosofía Griega*. Gredos. p.73.

<sup>109</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F, *Filosofía y Diseño: una aproximación epistemológica*, UAM, México, 2016, p. 17.

- ¿Dónde hay espacios para debatir sobre estos temas paradójicos y reales?

La investigación sobre educación arquitectónica, por tanto, tiene la oportunidad de ir más allá de las cuestiones tradicionales de cómo enseñar la Geometría como apoyo en el proceso del diseño, cómo fomentar la creatividad, hacia preguntas más retadoras y proyectos con resultados menos obvios. Esto nos podría ayudar a identificar los posibles faltantes en cuanto a los contenidos temáticos de la Geometría en los planes de estudio.

### 3.1.1.2 ¿Cómo estudiar la enseñanza de la Geometría?

Esta pregunta se podría responder con las siguientes preguntas.

- ¿Qué sería exactamente el objeto de investigación sobre la didáctica de la Geometría?
- ¿Con qué teorías, conceptos, paradigmas o métodos se debería investigar?
- ¿De qué naturaleza debería ser la investigación sobre la educación en Geometría?
- ¿Investigación teórica, aplicada, activa, estratégica o práctica?
- ¿Qué teorías educativas son apropiadas para la enseñanza de la Geometría?

Geometría y su enseñanza siempre han tenido el problema de no encajar en contextos disciplinares y académicos. Algunos ven esto como una fortaleza, otros como una debilidad. De todas maneras, comenzar un proyecto de investigación sobre enseñanza de la Geometría no es sencillo.

- ¿Se pueden usar las técnicas tradicionales de investigación en educación, que mayoritariamente fueron diseñadas para estudiar la educación de niños, comportamiento en clase, obtención de conocimiento, diseño curricular, etc.?
- ¿Qué herramientas de observación y conceptualización debemos usar para definir los límites de su enseñanza y aprendizaje, o como establecer su relación con otros componentes curriculares?
- ¿Qué tan precisas son nuestras herramientas para describir “enseñanza” y “aprendizaje” en Geometría?
- ¿Quiénes serían los apropiados para realizar la investigación, y quiénes deberían apoyarla?
- ¿Quiénes deberían reconocer o usar los resultados?
- ¿Se puede estudiar la enseñanza de la Geometría sin tener un conocimiento profundo de la Geometría misma?
- ¿Se puede comprender la Geometría sin un conocimiento profundo de los aspectos cognitivos de la actividad de diseñar?
- ¿Se puede investigar sobre la enseñanza de la Geometría sin investigar acerca de quiénes realizan su enseñanza?

Si no es posible estudiar el ingrediente principal de la arquitectura (el espacio) desde una disciplina existente como la Geometría, entonces:

- ¿Es posible estudiar la enseñanza arquitectónica desde esta sola disciplina o una sola metodología?
- ¿Cuál es la base teórica de la enseñanza de la Geometría, si hubiera alguna?
- ¿Es guiada por la teoría e historia de la arquitectura? De ser así, ¿Se puede investigar sobre educación sin análisis profundo de estas áreas?
- ¿Pueden estas disciplinas de la arquitectura analizarse como parte integral de la enseñanza de la Geometría?
- ¿Cómo podemos llevar la enseñanza de la Geometría más allá de su estado teórico actual?

### 3.1.1.3 ¿Qué investigar?

Cuando surgió por vez primera el interés de la educación en arquitectura, a finales de los años setenta y principios de los ochenta, las conferencias normalmente consistían en descripciones de los cursos en la escuela de arquitectura del conferencista-docente, acompañadas de imágenes de trabajos de sus alumnos.

Es prometedor que se haya pasado de esta etapa inicial a una que se caracteriza por presentaciones y debates (foros y simposios) más estructurados y teóricos sobre la educación en arquitectura. Sin embargo, la manera espontánea de discutir el tema que todavía predomina en las reuniones de comités y equipos de docentes dentro de las escuelas de arquitectura deja mucho por desear.

Pero a partir de esta base:

- ¿Cuál exactamente sería el cuerpo documental para la investigación sobre la enseñanza de la Geometría?
- ¿Qué evidencia de la enseñanza de la Geometría se puede estudiar?
- ¿Los listados de cursos, los proyectos, las compilaciones de material educativo, las declaraciones de objetivos de las escuelas de arquitectura, los proyectos de grado, las tesis y las disertaciones serían material suficiente para la investigación?
- ¿Qué y cómo se observa, mide, comprueba, etc. en un Plan o Programa de Estudios un curso de Geometría, un contenido temático o una conferencia?
- ¿Existe material para que docentes aporten a la evaluación investigativa de cursos de Geometría?
- ¿Cómo se puede estudiar la efectividad o los resultados de los cursos de Geometría?
- ¿Existen teorías, métodos y técnicas investigativas que originalmente no fueron diseñadas para la enseñanza y el aprendizaje de la Geometría?
- ¿Cuál es el papel de los objetivos de desempeño docente (perfil) en la definición de objetivos de la enseñanza de la Geometría?
- ¿Se puede hacer investigación sobre objetivos de desempeño docente?
- ¿Se puede hacer investigación sobre desempeño docente y competencia docente?
- ¿Es la evaluación de calidad de la enseñanza de la Geometría una forma de investigación?

Para resumir, si se quiere investigar sobre la enseñanza de la Geometría, su contexto y su contenido temático.

- ¿No deberíamos empezar por definir los límites de lo que deseamos investigar?
- ¿Cuáles serían entonces los límites de la Geometría, de la educación arquitectónica, del conocimiento geométrico, de las habilidades, ideas y responsabilidades?

De acuerdo con lo señalado por Necdet Teymur<sup>110</sup>, la falta de interés por investigar en educación, se piensa que se debe, en gran medida, a la naturaleza misma de la arquitectura como profesión y al origen

---

<sup>110</sup> Necdet Teymur Universidad de Dundee, Reino Unido n@teymur.co.uk Arquitecto, Universidad Técnica del Medio Oriente, Turquía. Doctorado, Universidad de Liverpool, Reino Unido. Ha sido profesor en diversas universidades del Reino Unido y es autor de múltiples libros sobre la educación en arquitectura, entre ellos *Architectural Education* (1992) y *Basic Design / Basic Education* (1998). Este texto es la traducción al español de la ponencia "Learning from Architectural Education", presentada por Necdet Teymur durante el evento *Architectural Education Exchange*, en el 2001. El texto original, así como los demás artículos presentados en el mismo evento, están disponibles en línea: <http://cebe.cf.ac.uk/ae/papers.html>. En esta traducción no se incluyó una parte del texto en la cual el autor analiza el programa de conferencias del evento mencionado. Traducción: Maarten Goossens Aprender de la educación en arquitectura. Learning from architectural education. Recibido: 20 de octubre de 2011. Aprobado: 14 de noviembre de 2011.

*dearq* 09. Diciembre de 2011. ISSN 2011-3188. Bogotá, pp. 8-17. <http://dearq.uniandes.edu.co>

de la enseñanza de la arquitectura como educación de carácter tanto profesional como artesanal. La Geometría es una disciplina de la educación arquitectónica que forma y prepara a los estudiantes. Las disciplinas, como lo es la Geometría, tienen responsabilidades hacia el conocimiento en general y hacia la comunidad dedicada al desarrollo del conocimiento disciplinar. **Las profesiones usan el conocimiento, mientras las disciplinas lo producen.**

La educación profesional sigue el modelo operativo de la práctica de la profesión. Usa apenas el conocimiento necesario, le dedica poco tiempo a la investigación porque no tiene necesidad de hacerlo, señala Teymur. Dado que no genera una necesidad relevante de investigar, es natural que tampoco exista un instinto para estudiarse a sí misma, es decir, investigar sobre la profesión o su enseñanza.

Hay muchas falencias, errores que se comete al afirmar o asegurar ciertas cosas, carencias o defectos en la práctica educativa. Solo se señalan aquellas que se relacionan directamente con la investigación sobre educación en arquitectura y se proponen algunas explicaciones.

Por lo general, los modelos en la educación arquitectónica no son tanto los buenos docentes o las buenas escuelas, sino obras, la opinión de arquitectos famosos o las opiniones que en muchas ocasiones no se pueden considerar teorías. **La falta de una relación epistemológica y cognitiva entre la enseñanza de la Geometría y el aprender a diseñar bien es una inquietud pocas veces expresada**, más aún en los Talleres Integrales de Arquitectura en las escuelas. En consecuencia, **es difícil investigar sobre una práctica educativa cuyo objeto no se puede definir, comprobar o incluso representar.**

Es cierto que este Taller es el componente más importante, el núcleo del currículo en la enseñanza de la arquitectura. Sin embargo, **la educación en arquitectura no debe estar limitada al diseñar y enseñar diseño**, tal como la educación de un cirujano no consiste únicamente en abrir cuerpos y realizar cirugías. Por supuesto, se necesita experiencia, pero sin conocimiento geométrico no podría haber buen diseño.

Es posible que la intención del tipo de conocimiento y las expresiones idiomáticas de costumbre en los Talleres Integrales de Arquitectura sea la de enseñar las habilidades del diseño arquitectónico, pero no siempre constituyen el mejor método pedagógico para entender la complejidad geométrica de la arquitectura.

Posiblemente no nos guste admitirlo, pero existe un conflicto interno en los currículos actuales que se centran en estos Talleres y lo combinan con cursos teóricos incluso de Geometría.

Todo lo anterior parece ir en contra de los nobles ideales y visiones que se leen en los folletos de las escuelas de arquitectura. Las teorías filosóficas “prestadas” de otras disciplinas posiblemente estén entrando al discurso de la educación en arquitectura. Sin embargo, pocas veces ayudan a organizar **el currículo** en términos pedagógicos y epistemológicos, dado que este **se rige por objetivos profesionales y del mercado productivo**, más no intelectuales.

Los llamados a la “integración” en los Talleres que aparecen en los Planes de Estudios obviamente son producto de buenas intenciones, pero requieren articulación, dado que hay muchas maneras de abordar esta cuestión con respecto a la Geometría:

- Su enseñanza está y ha estado históricamente integrada en el área de proyectos, pero se tiende a separar su enseñanza de los Talleres Integrales de Arquitectura.
- Su enseñanza está integrada, pero al parecer no nos damos cuenta del tipo de integración a la enseñanza de la Arquitectura.
- Su enseñanza está integrada, pero no sabemos aprovechar la manera en la cual está integrada a la enseñanza de la Arquitectura.

- Su enseñanza está contradictoriamente en apariencia separada de la enseñanza “integral de la Arquitectura”, y por su naturaleza se piensa que no puede integrarse, a menos que se transformen los componentes clave con miras a la integración, o tal vez lo mejor es dejarla así.
- No es posible integrar lo separado de la enseñanza de la Geometría en la enseñanza de la Arquitectura, si no empezamos por entenderla e investigar su didáctica.

En el intento de estudiar la enseñanza de la arquitectura, hay potencial, pero también hay obstáculos y riesgos. A través de la enseñanza de la Geometría es posible aprender mucho más que sobre la misma enseñanza de la arquitectura.

Por ejemplo, podríamos llegar a darnos cuenta de lo siguiente:

- No hay problemas arquitectónicos que sean puramente arquitectónicos. Investigar y enseñar un objeto de estudio tan complejo e interrelacionado como lo es la Geometría, podría volverse una importante experiencia de vida, más que una decisión pragmática de vida profesional.
- El término GEOMETRÍA (con mayúsculas) es el obstáculo principal para entender qué es, cómo se puede llevar a la práctica y cómo se puede aprender y enseñar.

Asuntos globales relacionados con ciudades, comunidades, ambiente, economía, cultura y civilizaciones son demasiado grandes y complejos para ser abordados mediante la enseñanza simple de la Geometría por medios tradicionales. Al mismo tiempo, cumple un papel importante en el proceso del diseño, la producción y el uso de los edificios, incluidos los más sencillos.

La realidad no es un problema geométrico, pero no podría existir sin Geometría, existen códigos que deben de enseñarse. En la enseñanza de la arquitectura sería interesante la existencia de espacios para abordar esta interesante paradoja.

El Programa de Maestría sobre Docencia e Investigación en Arquitectura debería ocuparse no solo de lo que se enseña, sino de lo que no se enseña, y por qué no se enseña.

En el contexto de las universidades, ¿no debería la educación arquitectónica aportar algo a otras disciplinas, después de tomar tantas cosas prestadas?

Mientras la educación en arquitectura se limita a la formación de arquitectos (¡con algo de discurso intelectual agregado!), sin hacer intentos serios de desarrollar conocimiento crítico.

El enfoque de este apartado ha sido con base en una diversidad de preguntas en torno a la enseñanza de la Geometría dentro del ámbito educativo de la arquitectura, desde un punto de vista docente con observaciones críticas e hipotéticas, dando origen a muchas otras preguntas. La educación es una de las maneras más nobles de ocuparse, y la práctica educativa en cualquier área tiene una responsabilidad irrevocable hacia la humanidad, la sociedad y el conocimiento. La enseñanza de la Geometría, además, tiene la responsabilidad de producir no solamente los futuros diseñadores del mundo construido, sino también de producir “esquemas de operación del conocimiento, derivados del aprendizaje”<sup>111</sup>, de cómo se enseña, y aplicarse en cualquier disciplina. Investigar y discutir la enseñanza de la Geometría, por tanto, debe hacerse con una motivación más allá de lo pragmático. Es una enseñanza y aprendizaje en sí, la Geometría se enseña aprendiéndola, dice Irigoyen Castillo. Al estudiar la educación de arquitectos no solamente se llega a entender mejor la práctica educativa, sino que también se comprende mejor la arquitectura y la realidad.

---

<sup>111</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F, *Op. cit.*, p. 17.

### 3.1.2 MUESTREO Y DISEÑO DEL CUESTIONARIO (FICHA TÉCNICA)

Dos son tipos de experiencia: La experiencia cotidiana, filosóficamente reconocida como *doxa* y profanamente denominada *opinión*, y la experiencia trascendente, aquella que lleva al ser en toda su complejidad que los filósofos llaman *noein*, y que se conoce como el *pensar*. Las dos experiencias conducen a dos tipos bien diferenciados de saberes: la primera lleva al “saber opinión” o simplemente *doxa*, y la segunda “saber verdadero” o *sophia*. Las dos son experiencias reflexivas, pero la una se basa en la información inmediata de los sentidos, se trata de una experiencia común y consuetudinaria, a partir de la cual la mayoría de los seres humanos validan la realidad. La otra es un comprometerse en una reflexión profunda y sistemática de lo real desde la perspectiva del ser.

Como sea, se formuló una ficha técnica con *ítems* para validar estas experiencias, más que para medir la efectividad o los resultados de los cursos de Geometría en las ETS de la Universidad de Granada, sin tratar de llegar a una evaluación de calidad de la enseñanza de la Geometría como forma de investigación. Sino simplemente el de tener parámetros que nos permita a partir de ellos realizar una forma de continuar investigando.

La idea fue utilizar estos cuestionarios y hacer un cuadro amplio de la situación y de los problemas involucrados, a través de lo que diferentes discentes y de diferentes escuelas opinan y representan respecto de **actitudes ante el tópico de lo geométrico**. El proceso que se siguió fue a partir de la recolección de datos a través del cuestionario para después analizarlo estadísticamente con niveles de medición, dándole su carácter cuantitativo. Se postuló la necesidad de tratar a las respuestas individuales como síntomas, más que como realidades o hechos. Se realizó un cuestionario estandarizado, combinando algunas preguntas de alternativas abiertas (opinión) con preguntas de alternativas cerradas de respuesta.

No hubo la posibilidad por tiempos de realizar un pretest, ni de aplicar dicho cuestionario en la Facultad de arquitectura de la UNAM.

#### 3.1.2.1 El cuestionario-ítems

Hola:

Por favor, invierte unos pocos minutos de tu tiempo para contestar el siguiente cuestionario. Gracias de antemano por tu tiempo.

¿Dónde estudias?	ETSA		ETSIE		ETSICC y P	
1. Por favor, indica tu género:	Hombre			Mujer		
2. ¿A qué nivel de curso acudes?	Primero		Segundo		Otro:	
3. Sobre tus expectativas al principio del curso, ¿Cómo lo esperabas?	Difícil		Fácil		Lo desconocía	
4. ¿Volverías a cursar esta asignatura enseñada por este docente?	Si		No		Probablemente	
5. ¿Les recomendarías este curso con este docente a otros discentes?	Si ¿Por qué?			No ¿Por qué?		
6. ¿Hay algo que se podría mejorar en el curso? Por favor, deja saber tu opinión:	Opinión:					
7. ¿Estás satisfecho/a con la calidad de enseñanza del docente?	Muy Satisfecho/a	Satisfecho/a		No tan Satisfecho/a	Insatisfecho/a	
8. ¿Crees que el docente está lo suficientemente preparado para las necesidades de los estudios?	Muy preparado	Preparado		No tan preparado	Mal preparado	
9. ¿Cómo valorarías la complejidad / proceso de aprendizaje para el curso en esta escuela?	Muy simple	Simple		Difícil	Muy difícil	

10. ¿Te sientes satisfecho/a con lo enseñado?	Muy Satisfecho/a	Satisfecho/a	No tan Satisfecho/a	Insatisfecho/a
11. ¿Cómo consigues los materiales de bibliografía necesarios para tu aprendizaje?	Muy fácil	Fácil	Difícil	Muy difícil
12. ¿Estás satisfecho/a con lo aprendido?	Muy Satisfecho/a	Satisfecho/a	No tan Satisfecho/a	Insatisfecho/a
13. ¿Sigues con tus estudios de la asignatura fuera del aula?	Si ¿Por qué?		No ¿Por qué?	
14. ¿El docente te ha ayudado en tus dudas?	Siempre	A veces	Nunca	No tengo dudas
15. ¿Dónde acudes para aprender?	Biblioteca	Academia externa	Tutoría	A través de internet
16. ¿Qué medios utilizas/necesitas para el aprendizaje?	Libros apuntes	Textos Online	Videos	Audio
17. ¿Crees que el método de enseñanza de tu docente influye en tu aprendizaje?	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea
18. ¿Sientes que tu docente te sabe motivar lo suficiente en tu aprendizaje?	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea
19. ¿Sientes que tu docente considera tu opinión cuando tienes dudas?	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea
20. ¿Piensas que eres lo suficientemente valorado/a por las tareas que haces?	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea
21. Por favor, deja saber si hay algo que te motivaría para aprender aún más:	Opinión:			
22. ¿Cuál ha sido tu experiencia durante el curso?	Opinión:			

### La construcción del cuestionario

Los ítems que se aplicaron fueron 22 y se tomaron en cuenta los siguientes criterios, según Edwards:<sup>112</sup>

- Se evitan preguntas que apuntaran al pasado.
- Se evitan preguntas con demasiada información sobre hechos, o aquellas que se pudieran ser interpretadas como tales.
- Se evitan preguntas ambiguas.
- Se evitan preguntas irrelevantes con respecto a la actitud que se quería medir.
- Las preguntas se formulan expresando actitudes o juicios favorables con respecto a la actitud.
- Se evitan preguntas en las cuales todos o prácticamente nadie concuerda.
- Las preguntas se formulan en lenguaje simple, claro y directo.
- Ninguna pregunta excede de las 20 palabras.
- Cada pregunta contiene solo una frase lógica.
- Se omiten las preguntas que incluyan palabras como “todos”, “siempre”, “nadie”.
- Las preguntas son formuladas con frases simples.
- Se usa palabras que se comprendan.
- Se evitan las negociaciones.
- La combinación de las preguntas formuladas positiva y negativamente están en proporción aproximada de 50%-50%.

<sup>112</sup> Edwards, A. L., *Techniques of Attitude Scale Construction*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1967.

### 3.1.2.2 La codificación

El procesamiento, codificación o reproducción de datos se trasladó en categorías de respuestas a un lenguaje simplificado (cifras) con el objeto de efectuar el proceso de análisis. En primer lugar se realizó el procesamiento de datos para la Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Edificación.

La clase es de un sólo docente para la asignatura, en vista de que el mismo enseña tanto las clases teóricas como las prácticas, en dos días a la semana con dos horas para cada día. (Ver anexo 9)

Para el caso de la Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, el cuestionario fue para responder sobre los 4 docentes de la asignatura, en vista de que fueron 2 docentes para las clases teóricas en dos horas y un día a la semana y 2 docentes distintos para las clases prácticas en dos horas de otro día de la semana, lo cual la evaluación no se puede determinar para quien es, pero es un parámetro en sí para la clase en general. (Ver anexo 10)

Para el caso de la Escuela Técnica Superior en Arquitectura, el cuestionario fue para responder sobre las clases individuales de 4 docentes de diferentes grupos para la asignatura, la clase era de cuatro horas de un día a la semana, tanto para las clases teóricas como para las clases prácticas. (Ver anexo 11)

### 3.1.3 PRODUCCIÓN GEOMÉTRICA A PARTIR DEL CAD Y SU IDEOLOGÍA GLOBALIZANTE COMO REPRODUCCIÓN

#### 3.1.3.1 Influencia de las nuevas tecnologías como innovación en la enseñanza de la Geometría Descriptiva tradicional

El concepto de Innovación estuvo dirigido desde Lucarelli<sup>113</sup>, e innovar desde su punto de vista es la capacidad para producir un mejoramiento sensible, mensurable, deliberado y/o duradero de la situación vigente. Innovación es cambio, es ruptura del *statu-quo*, es inconformidad. Es una idea, es un proceso creativo que implica la creación de algo previamente desconocido como el aprendizaje de la Geometría Descriptiva para los estudiantes de primer ingreso.

En este campo el objetivo de la investigación sobre la enseñanza tradicional y las prácticas de intervención innovadoras que la acompañan nos permiten avanzar en el reconocimiento de una situación impactante: “el cúmulo considerable de experiencias alternativas a lo tradicional, verdaderas enseñanzas de innovación, que son gestadas y desarrolladas por el docente en su accionar cotidiano; momentos que quedan ocultos en el trajinar institucional y sólo se hacen visibles hacia adentro de la vida del aula.”<sup>114</sup> Con este propósito se necesita aclarar cómo es concebida la innovación en nuestro encuadre.

En primer lugar al referirnos a la innovación lo hacemos asociándola a prácticas de enseñanza que alteren, de alguna manera el sistema de relaciones unidireccional que caracteriza una clase tradicional: esto es, aquella centrada solamente en la transmisión de la información emitida por el docente que se ha dado por llamar método didáctico, un impreso, o a través de un medio tecnológico más sofisticado como el que se produce a través de la comunicación virtual. Una innovación en el proceso de enseñanza-aprendizaje supone siempre una ruptura con el estilo didáctico impuesto por la epistemología positivista,

---

<sup>113</sup> Lucarelli, Elisa *Innovaciones educativas en la formación docente*. Revista Nordeste, 2003.

<sup>114</sup> Lucarelli, Elisa *Op. cit.*, p. 57

conducente a una didáctica de la transmisión que, regido por la racionalidad técnica como máximo exponente, reduce al estudiante a ser un sujeto destinado a recibirlo pasivamente.

El estilo de enseñanza innovador, fundamentado en la tríada “docente-discente-contenido”, supone una modificación en el modelo didáctico y en su organización, de manera tal que afecta a los propósitos, los contenidos, las estrategias, los recursos, el rol que cumple el docente, rol del discente, y, en especial, el sistema de relaciones entre estos componentes. La experiencia innovadora supone una relación dinámica entre teoría y práctica, más allá de la simple relación de aplicación a la que esta última parece destinada en la rutina curricular o de aula. De allí que, en oposición a la repetición, identifiquemos a la innovación, en términos de Heller, con la *praxis inventiva*: aquella que incluye la producción de algo nuevo en el que aprende, a través de la resolución intencional de un problema, que puede ser tanto de índole práctico como puramente teórico.<sup>115</sup>

*...De allí nuestra insistencia en no asimilar el concepto de innovación al de hallazgo o invención, (en el sentido clásico que le dan los proyectos de investigación y desarrollo), sino asociarlo a cambio, modificación, alteración de una situación dada, con propósito de mejorarla, que se articula por oposición o integración a las prácticas vigentes.*<sup>116</sup>

Hemos descrito el papel que la Geometría, como asignatura, ha cumplido históricamente dentro de los sistemas de enseñanza de la arquitectura en México. En el llamado movimiento moderno de arquitectura debe, en la UNAM al menos, parte de su éxito a la implementación de un “dibujo técnico”, que va más a modo con el racionalismo que ganaba terreno en las preferencias de la enseñanza.

Hacia la década de los cincuenta, los instrumentos de dibujo que se utilizaban en la escuela cambian y esto modifica hasta su indumentaria. Las plumas, pinceles, rollos de papel y cuadernos para dibujar, son reemplazadas por reglas “Te”, escuadras, compases, plumas técnicas (plumillas de grafos) y demás instrumentos, sin embargo a pesar de ese cambio, la enseñanza no cambió. Ahora estos instrumentos vuelven a cambiar por solo uno, donde en él se encuentra todo ese bagaje histórico-cultural de hacer Geometría dibujando, pero no de enseñarla. El impulso al desarrollo tecnológico de los instrumentos del dibujo matemático, estaba siendo potenciado.

Con el advenimiento del CAD, en la industria y en las instituciones educativas dedicadas a la enseñanza de la Arquitectura, se ha vuelto imperativo que los docentes analicen detenidamente su aplicación en la enseñanza de la Geometría Descriptiva, al método de proyección ortográfica y la metodología instructiva que los acompaña, y cómo las técnicas innovadoras están influyendo y alterando mediante la adición de estos sistemas a la enseñanza de la Geometría Descriptiva en el aprendizaje de la Arquitectura como herramienta de dibujo más que de aprendizaje. Como menciona J. Torres Cházaro, ex docente de la ENA, en una entrevista en diciembre de 1998:

*...la posibilidad de “bordear el dibujo”, ha sido una especie de anhelo acuñado desde las generaciones de los cincuenta y sesenta, comienza por el tedio de borrar, poner letreros y acotar. Las fantasías se iniciaban, elucubrando sobre una “máquina que dibujara”, un artefacto que respondiera a órdenes verbales, las que serían traducidas en trazos.*

---

<sup>115</sup> Heller, Agnes, *Sociología de la vida cotidiana* (traducción de J.F. Ivars y Eric Pérez Nadal) 4a ed. Barcelona: Ediciones Península, 1994.

<sup>116</sup> Lucarelli, Elisa, *Innovaciones educativas en la formación docente*. Revista Nordeste, 2003, p. 58.

Las preguntas que se abordan en este apartado tratan de los cambios introducidos en los procesos de enseñanza y aprendizaje por dicho software que ha vacilado entre una fuerte visión axiomática de la Geometría y otra de formas.

En la Geometría Descriptiva, los métodos innovadores hacen uso de herramientas cada vez más sofisticadas. Si la perspectiva platónica y constructivista se desarrollaba limitándose a la regla y el compás, hoy en día no se entiende el desarrollo geométrico sin el manejo de tecnología avanzada.

Este horizonte demuestra la universalidad de la Geometría Descriptiva, como institucional y apriorística. Se plantea desde las instituciones y se coordina mediante los proyectos educativos de todos los países. Matices aparte, la Geometría que se enseña y aprende, tanto en Oriente, como en Occidente, al norte y al sur del ecuador, es prácticamente la misma.

### 3.1.3.2 La Geometría Descriptiva y su comprensión en la actualidad

Con la aparición de la Geometría no euclídea provocó una eclosión, brotó un nuevo desarrollo de la Geometría. Aquella antigua “ciencia de medir formas”, desbordó sus fronteras por completo e invadió todos los campos de la ciencia. La Geometría ha pasado de “ocuparse de un huerto a cultivar un latifundio”<sup>117</sup>, y lo que había sido hasta entonces el estrecho mundo de Euclides se ha convertido en la ancha realidad de la imaginación y la creatividad, sin embargo, no ha sido así en la enseñanza de ella en las escuelas. En una realidad de complejidad creciente, la Geometría a la cabeza crece en complejidad con ella. Merece la pena ofrecer un rápido panorama, aunque sea incompleto, del presente más radical de la Geometría y su impacto en la realidad actual.

#### En clase: antes y ahora

La Geometría Descriptiva, al igual que cada ciencia, procura sobre todo establecer las propiedades de las cosas que estudia, y ¿cuáles son estas propiedades, cuáles las de su arte o enseñanza, cómo afecta, cómo nace y cómo se desarrolla? Pero trata también de explicar estas propiedades: ¿por qué afecta de cierta manera, por qué surgió y por qué tiene esa enseñanza y no otra?

Papel y lápiz.....medio para comprender y representar la Geometría; primero comprendemos la Geometría con lápiz, escuadras y compás en la mesa de dibujo, después la describimos en la computadora. Walter Gropius escribió:

*...Si comparamos con nuestros métodos actuales la forma de enseñar las artes del diseño en el pasado, la discrepancia resulta evidente a simple vista. En el pasado, el diseño se desarrollaba a partir del aprendizaje en los talleres; hoy, a partir del platónico tablero de dibujo. Lo que solía ser sólo un método auxiliar para el hacedor de cosas –el diseño sobre el papel- se ha convertido en la disciplina central del proyectista. ...mientras nuestros centros de enseñanza se concentran solamente alrededor del platónico tablero de dibujo, corremos el peligro de crear el “proyectista precoz”...pueden conducir a algunos estudiantes a una aceptación demasiado rápida de las ideas estilísticas corrientes, de las modas y clichés.<sup>118</sup>*

<sup>117</sup> Gómez Urgellès, Joan, *Cuando las rectas se vuelven curvas. Las geometrías no euclídeas*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A., Barcelona, 2010, p. 117.

<sup>118</sup> Gropius, Walter, *Alcances de la arquitectura integral*, Buenos Aires, La Isla, 1985, p.70.

Implica dada la descripción de Gropius, que lo que criticaba como aprendizaje en los platónicos tableros de dibujo (restiradores) se podría trasladar rápidamente a la misma crítica sucinta en el ámbito del aprendizaje por medio de la tecnología computacional CAD, no hay diferencia alguna.

Se ejemplifica lo anterior con 24 pasos secuenciales para hacer dos cambios de plano y poder visualizar el trazo de un paraboloides hiperbólico. Previamente se trazó el paraboloides hiperbólico en CAD con los cambios de plano realizados. Para utilizar las nuevas tecnologías, a lo que se recurre es a trasladar o copiar lo dibujado a un programa de Power Point como imágenes y pasarlo en el proyector como si fuera una película de dibujos animados antigua, cuadro por cuadro con el procedimiento que se realizó. Esto cambia en poco la enseñanza tradicional, lo que se gana quizá es en tiempo por no volver a dibujar lo presentado, pero esto es ahorro para el docente, no así para el discente que no podría comprenderlo en tan poco tiempo de clase. Lo importante es que con estos gráficos o imágenes el alumno podrá estudiarlo en casa y repetir el proceso manualmente. (Ver anexo 12)

### **Del compás a la computadora o más allá de la regla y compás**

En un artículo de Enric Miralles en el que de forma breve y contundente enseña, en los albores de la revolución informática en la arquitectura, cómo acotar un croissant (pan en forma de cuerno de la luna). El resultado es un proceso gráfico de gran belleza, una geometrización perfectamente arquitectónica de esa forma globosa e irreplicable, particular.<sup>119</sup>

De este artículo se extrae una reflexión importante: de alguna manera necesitamos geometrizar cualquier forma que pretendamos construir. Este hecho no parece necesitar de amplias discusiones. Hoy, más de veinte años después, situado el control gráfico de la forma a una distancia que no guarda relación lineal con la temporal, parece necesario hacernos la pregunta que continúa, la que de forma tan elegante respondió Miralles:

¿Cómo construir un croissant?

Existe un auge en cuanto a la utilización en arquitectura de superficies libres, amparado en el desarrollo de técnicas digitales e informáticas de control y representación, apunta Gonzales Quintial, es decir, la fabricación asistida, en pocos años ha recorrido un largo camino y se ha superado la posibilidad de construir casi cualquier cosa que podamos proyectar por muy compleja que sea su Geometría.

La investigación se centra en el desarrollo del control de representación gráfica por medio de estas tecnologías en el aula, ahí donde los discentes deben aprender y comprender este nuevo lenguaje geométrico para tratar de establecer un nexo entre la Geometría proyectiva tradicional y los medios actuales de representación y control geométrico.

Los principios geométricos inmutables, pero paralelamente siempre puestos en duda de la Geometría euclídea, la recta, el plano y los sólidos platónicos, han sido las herramientas y los límites en los que se ha desarrollado la arquitectura en general y su enseñanza.

La universal definición de arquitectura que formula Le Corbusier, no hace más que remarcar la idea de arquitectura como composición de un catálogo finito de elementos geométricos. Las herramientas euclídeas básicas son la regla y el compás, elementos muy útiles para construcciones sencillas cuando se está aprendiendo Geometría. Pero en la actualidad se pueden realizar construcciones más sofisticadas, aprovechando las ventajas que aportan las nuevas tecnologías.

---

<sup>119</sup> González Quintial, Francisco, *Método de adaptación de formas de doble curvatura mediante superficies desarrollables*, Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura Donostia-San Sebastián, Universidad del País Vasco, 2012.

La irrupción del mundo digital ha permitido desarrollar aspectos geométricos complejos en ordenadores. Se pueden realizar simulaciones para llevar a la práctica conceptos que manualmente son imposibles de realizar, y todavía menos en un tiempo razonable. Esta disciplina matemática se conoce como paramétrica o *Geometría computacional*, y combina las matemáticas con la tecnología. Euclides no tuvo ocasión de desarrollar esta clase de Geometría.<sup>120</sup>

De la misma forma, relacionamos las tendencias últimas en el diseño arquitectónico, las arquitecturas más impactantes desde el punto de vista formal, con la huida de las formas planas hacia formas libres, formas complejas que parecen surgir del mundo digital.

Asumimos que ha aparecido una ruptura entre dos universos el real y el virtual, donde existieran geometrías incompatibles que dan lugar a arquitecturas que no puedan coexistir en el mismo espacio físico. La extensión del concepto de irrealidad de lo virtual. Desterramos de nuestro mundo real lo que aparece en la pantalla de un ordenador. Pero no existe diferencia entre una hoja de papel dibujada y la imagen construida con ayuda de un programa CAD.

Dado el grado de vida virtual cotidiana, resulta irónico que la respuesta "pero...no es real" rechace la producción y los mundos virtuales como meros reinos de compra por catálogo. Tal rechazo resulta especialmente paradójico cuando procede de las comunidades artísticas y del diseño, en las que los artistas y arquitectos inician su propio proceso creador con la visión de una estructura, obra u objeto tridimensional potenciales, ya sea en su imaginación, sobre una servilleta o en un trozo de papel vegetal.<sup>121</sup>

Es indudable que nos resultan familiares, cada vez más, ciertas geometrías que hasta hace unos pocos años parecían no existir y es por eso que las relacionamos con el mundo digital al que su manejo, producción y construcción están vinculados al menos en su representación gráfica. Sin embargo, la Geometría a la que nos hemos referido como no euclídea, o que llamaremos libre o de doble curvatura, por no utilizar un término excluyente y por el mismo motivo englobar en la definición formas tan poco ajenas a la historia más conocida de la arquitectura como la esfera, ha existido siempre.

*...una gran época acaba de comenzar. Existe un espíritu nuevo. Existe una multitud de obras de espíritu nuevo que se encuentran, especialmente, en la producción industrial.*<sup>122</sup>

Podríamos justificarnos con estas otras palabras del mismo texto de Le Corbusier para acentuar esa ruptura, ese enfrentamiento entre dos mundos, sin embargo en ambos casos estaríamos haciendo una interpretación inadecuada.

En el primer caso, todo nuestro realidad, sobre todo la arquitectónica puede geometrizarse, como lo expresa la proposición 14 de Elementos de Euclides, "todo rectángulo es cuadrable"<sup>123</sup>, es decir, toda forma poligonal rectilínea o multilateral es triangulable también al adaptarse a unos *trazados reguladores*, o pensarse desde los mismos. Pero existen otras geometrías además de la euclidiana o más propiamente dentro de ella. Igualmente "reales" o "irreales" donde se mueven con libertad las ideas. Es el proceso de adaptación arquitectónica el que ha llevado a enjaularlas en una serie de formas familiares, controladas y de fácil manejo.

---

<sup>120</sup> Gómez Urgellès, Joan, *Op. cit.*, p. 120.

<sup>121</sup> Dollens, Denis, *De lo digital a lo analógico*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

<sup>122</sup> Le Corbusier, *Hacia una arquitectura*, Poseidón, Buenos Aires, 1978.

<sup>123</sup> Ramírez Arellano, J. Enrique, *Mis primeros apuntes de geometría, hacía un aprendizaje básico*, Editorial Académica Española, 2019, p. 476.

En el segundo caso, la época que ha comenzado es la digital evidentemente, que lleva tiempo materializando un lenguaje nuevo, un lenguaje adaptado a la época, del mismo modo que el espíritu nuevo generó una arquitectura propia que según Le Corbusier se inspiraría en los procesos industriales.

Lo que permite el proceso digital, además de explorar nuevos caminos es completar los existentes, es este un aspecto trascendental, permitir que ciertos ensayos puedan llegar a realizarse y tomar sustancia gráfica y constructiva. Rafael Moneo habla de "geometrías perdidas olvidadas por nosotros debido a las dificultades de su representación"

El proceso de búsqueda de ciertas formas ya estaba iniciado antes del uso de las técnicas digitales, que no han hecho más que posibilitar su manejo y permitir que ciertas ideas se desarrollen.

Lo que resulta indudable es que percibimos claramente el sello tecnológico de la época en la creación de la forma.

La larga tradición de la Geometría euclidiana en la construcción provocó la utilización de instrumentos, como la regla y el compás, necesarios para dibujar líneas rectas y círculos sobre el papel, y la extrusión y la correspondiente maquinaria rodante para producir líneas rectas y círculos en el material. La consecuencia fue, como observó William Mitchell, que los arquitectos dibujaban lo que podían construir, y construían lo que podían dibujar. Esta reciprocidad entre los medios de representación y la producción no ha desaparecido por completo en la era digital.<sup>124</sup>

Las relaciones entre las herramientas, los procesos de construcción posibilitados por las herramientas y los objetos producidos por el funcionamiento de las herramientas son sutiles y profundas. La regla y el triángulo, proyecto original y la superposición de papel transparente para la producción de documentos convencionales facilitó el diseño organizado de la construcción ortogonal. El compás permite el trazado de arcos circulares que se incluirán en estas composiciones.

Cuando planos bidimensionales se proyectan perpendicularmente al plano del papel de una manera uniforme, un solo dibujo presenta una sección de los objetos diseñados, cuya aplicación es invariante del corte que se tome. El dibujo de la construcción en dos dimensiones proporciona un enorme poder expresivo en la descripción de esta regularidad geométrica. A su vez, el discente es sutilmente guiado hacia el desarrollo de proyecciones para que la utilidad de esta construcción geométrica se mantenga. Geometrías más elaboradas que la simple forma extruida son por supuesto posibles, mediante la combinación de varias secciones, ya sea en paralelo o en forma ortogonal, pero la "huella" de la herramienta se manifiesta inevitablemente en los diseños resultantes.<sup>125</sup>

### **La computadora, herramienta didáctica en la enseñanza de la Geometría Descriptiva**

Desde que se introdujeron las computadoras en la enseñanza de las matemáticas, se han desarrollado varios programas de software destinados a mejorar el proceso de aprendizaje. La Geometría en general y la Descriptiva en particular es un dominio de conocimiento que está particularmente involucrado con el uso creciente del software en la enseñanza, debido al importante papel desempeñado por las representaciones externas -generalmente denominadas figuras- y las nuevas formas de manejar estas representaciones gracias al software diseñado específicamente para la Geometría Descriptiva.

<sup>124</sup> Kolarevic, Branko, *Architecture in the digital age. Design and manufacturing*. Spoon Press. New York, 2003

<sup>125</sup> Shelden, Dennis R, *Digital surface representation and the constructability of Gehry's architecture*, Doctoral Thesis. MIT, 2002.

La razón por la que se deba utilizar un grupo de tutoría o docencia individual es que esta condición es probablemente “más difícil de superar” que la enseñanza de la Geometría Descriptiva estándar o convencional. Es factible que los docentes sigan el uso del dibujo a mano con lápiz en papel, escuadras, compás, y los bocetos como método de enseñanza, por tanto, el método proporcionado será diferente.

Paradójicamente un entorno de aprendizaje para la enseñanza de la Geometría Descriptiva será asociarla con la enseñanza del diseño, dado que la **enseñanza de la Geometría Descriptiva no está asociada con la teoría y desarrollo del diseño didácticamente**, aunque se haya creado como herramienta de diseño, éstas no tienen relación, están desintegradas entre sí, como se ha indicado anteriormente.

El software de Geometría interactiva ofrece nuevas oportunidades y desafíos para hacer que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea más efectivo y simultáneamente más interesante. Sin embargo, la mayoría de las actividades asistidas por computadoras para cursos de Geometría están orientadas al dibujo, es decir, a la representación. Además, los docentes parecen haber perdido todo interés en cómo enseñar la Geometría Descriptiva, mientras que su enseñanza tradicional en las universidades casi ha desaparecido, reemplazada por una “capacitación” en el uso de software CAD, que principalmente tiene un carácter técnico.

En las facultades técnicas de Croacia, la Geometría se enseña de forma primaria en el curso de Geometría Descriptiva durante el primer año. La forma de enseñar es muy tradicional. Las computadoras raramente se usan.

En la primera mitad del siglo XX parecía que la Geometría clásica euclídea estaba sucumbiendo ante el desarrollo de otras Geometrías más abstractas. Sin embargo, paradojas de paradojas, las nuevas tecnologías vinieron a rescatarla. La Geometría en sí ha encontrado su encaje y una nueva orientación integrándose en las ciencias de la computación, sin embargo, **su enseñanza parece no encontrar ese encaje**. Hoy en día, surgen a menudo expresiones como *proyección en 2D o visión en 3D*, en referencia a dimensiones, naturalmente. Lo curioso es que cualquiera usa esas expresiones con total desenvoltura para referirse a dos conceptos euclídeos: el plano (2D) o el espacio (3D).

Al amparo de la realidad digital, no sólo han aparecido disciplinas nuevas en torno a la Geometría, como la Geometría Computacional, sino que han resurgido otras materias clásicas, como la denominada Geometría *discreta y combinatoria*, así como además la Geometría vectorial y tensorial, para la enseñanza y comprensión del desarrollo del paraboloides hiperbólico.

La Geometría discreta y combinatoria se ocupa del estudio de la complejidad combinatoria de problemas geométricos. Habitualmente, esta Geometría trata de objetos geométricos discretos, como los poliedros y las esferas y su disposición en el espacio. La Geometría computacional plantea problemas geométricos sencillos de abordar en dos dimensiones. Para que la computadora sepa lo que tiene que hacer, se le tiene que proporcionar toda la información e instrucción estructural (que forman parte de un algoritmo) que construyan los programas CAD. Sólo con estas instrucciones, la computadora será capaz de resolver problemas geométricos basados en el análisis de polígonos y sus propiedades.

La arquitectura y su enseñanza, han sido históricamente el campo privilegiado de las proyecciones ortogonales, como la planta, el alzado, el corte (sección) o perfil o una perspectiva cilíndrica o cónica. Éstos son los instrumentos que utiliza el técnico (arquitecto, diseñador, docente y discente) para plasmar sus ideas, pero sobre todo para transmitir las. Las computadoras han supuesto una auténtica revolución en el universo del diseño.

En la actualidad, los programas de CAD, por sus siglas en inglés (Diseño Asistido por Computadora) y otros más sofisticados, son las herramientas fundamentales para hacer proyecciones ortogonales. Si es la Geometría computacional la que aporta los insumos matemáticos para que el software de CAD pueda operar, ¿porque se deba utilizar como herramienta didáctica para la enseñanza de su propia Geometría?

Para empezar, un programa de CAD, utiliza una lista de iconos con figuras geométricas: líneas y polilíneas, polígonos, circunferencias, elipses y las curvas de Bézier.<sup>126</sup> Estas son un sistema de diseño gráfico que se desarrolló en 1962 para el trazado de curvas en el dibujo técnico. Los programas generadores de gráficos vectoriales en entornos de CAD permiten, rotar, mover, reflejar, estirar, inclinar y realizar finas transformaciones de las piezas, como combinar objetos primarios para formar otros más complejos. También se puede escalar una imagen vectorial de forma ilimitada.

El manejo de formas de configuración variable es una realidad cada vez más presente en las fases de diseño de la práctica profesional, pero esa realidad no se vislumbra por el momento en la enseñanza de la Geometría Descriptiva, sin embargo, la necesidad de establecer relaciones lógicas y secuenciar condiciones de diseño puede permitir enfocar desde otro punto de vista los conceptos estudiados en la asignatura, es decir, **el planteamiento es a partir del aprendizaje primeramente de la teoría geométrica enseñada en los cursos básicos con regla y compás** (González Uriel, García Ríos, Gómez Sánchez, GD en GD Gramática Digital en Geometría Descriptiva).<sup>127</sup>

El uso de programas BIM para “modelar” arquitectura y gestionar su construcción se va extendiendo en la realidad. En los planes de estudios de las escuelas españolas van apareciendo bastantes asignaturas con “diseño paramétrico” en alguna parte de su título o su programa, sobre todo en los últimos cursos de grado o en máster. Esto es importante señalarlo, no sería enseñado en los primeros años de la carrera, lo cual sería inapropiado enseñar con estos programas en la etapa básica o formativa del discente.

Lo anterior nos lleva a pensar que el termino modelar debe ser semejante a geometrizar o en el mejor de los casos a diseñar, pero parece ser que no es así, porque **los programas siguen siendo para dibujar**. Por otro lado si van apareciendo en “bastantes” asignaturas, esto implicaría que también en la Geometría Descriptiva o definitivamente esta asignatura estaría absorbida por esas “bastantes” asignaturas. Aplicaciones de la parametrización y la programación visual al modelado geométrico son utilizadas en investigaciones de diversa índole, para emular edificios construidos<sup>128</sup>, para explorar dinámicas proyectuales<sup>129</sup> o reproducir procedimientos concretos basados en la geometría de Monge<sup>130</sup>. Lo novedoso

---

<sup>126</sup> Pierre Bézier (1910-1999) La idea de definir geoméricamente las formas no es demasiado compleja: un punto del plano puede definirse por coordenadas. Por ejemplo, un punto A tiene unas coordenadas  $(x_1, y_1)$  y aun punto B le corresponde  $(x_2, y_2)$ . Para trazar una recta entre ambos basta con conocer su posición. Las curvas cuadráticas de Bézier son parábolas de grado 2 y para ello se requieren tres puntos no alineados. Las fuentes de letras conocidas con el nombre de True Type están formadas por curvas compuestas por curvas cuadráticas de Bézier. También existen las curvas cúbicas de Bézier, e incluso otras de orden superior.

<sup>127</sup> doi: 10.4995/ega.2019.7853, Expresión Gráfica Arquitectónica 35, p.130.

<sup>128</sup> Capone, M., Nigro, E., 2017. *Desde la geometría hasta la representación generativa*. La búsqueda de una solución optimizada en el proyecto del Club Táchira (Caracas, 1955). EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 22 (31), 172-183. doi: 10.4995/ega.2017.8873

<sup>129</sup> Coloma, E. y De Mesa, A., 2012. *La docencia de la representación paramétrica. La representación paramétrica y los procesos no lineales*. EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 19, 200-211. doi: 10.4995/ega.2012.1372

<sup>130</sup> González, P., 2016. *Adaptación de superficies de doble curvatura mediante superficies desarrollables*. EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 21 (17), 210-219. doi: 10.4995/ega.2016.4741

de la propuesta que se presenta aquí reside en su utilización como medio para apoyar y reforzar aprendizajes propios de la materia de Geometría Descriptiva, o Geometría y Dibujo, en primer curso.

Actualmente, en el área EGA está extensamente asentada la integración de programas informáticos de dibujo en la docencia de Geometría Descriptiva. En este contexto, se plantea, -no es que esté operando- la introducción de aplicaciones de programación visual que permiten incidir en los procesos de generación y trazado de curvas y superficies y en las relaciones entre elementos geométricos. Se exploran las posibilidades que brindan estas aplicaciones respecto a los del contenido temático de la asignatura. Se ofrece una serie de ejemplos que los autores han desarrollado, y se reflexiona sobre los problemas y ventajas encontrados tras analizar los resultados de su inclusión en un curso ordinario.

La experiencia se plantea como *algo adicional*, sin restar tiempo a la planificación general del curso normal. Se aprovechan ratos breves durante las clases correspondientes a los temas aludidos.

### 3.1.3.3 El libro de Geometría Descriptiva como herramienta didáctica y parte del entorno de enseñanza-aprendizaje

En este momento del trabajo podemos hacer otra reflexión. Es innegable que se llegue a aprender totalmente si sólo se presta atención a las clases teóricas, a la visualización de las construcciones gráficas, si no se adquieren hábitos de trabajo de carácter demostrativo y del manejo cotidiano de recursos propios como son los libros de texto para que el lenguaje gráfico resulten indispensables en el desarrollo de la capacidad de ejecución, por lo que constituye una parte esencial del aprendizaje de la Geometría Descriptiva.

Para apuntalar lo anterior, “se ha de hacer mención a unos elementos absolutamente indispensables e insustituibles, aunque en la actualidad existan herramientas adicionales que no sustituyas de ellos.”<sup>131</sup>. Tras diferentes análisis al respecto, se ha llegado a la deducción de que no deben dejar de ser utilizados a pesar de las nuevas herramientas digitales, y en un orden tal que, en primer lugar para estudiar en y con ellos, después para repasarlos e ir consolidando lo asimilado, y finalmente como instrumento de consulta y verificación, hecho que debe de repetirse una y otra vez, pues aquellas argumentaciones que en una primera instancia pueden parecer imprecisas y confusas, con el tiempo, se muestran claras y comprensibles.

Es fundamental dice Gómez Vargas, la comparación y el contraste de los distintos contenidos temáticos, de unos textos y otros, en especial cuando éstos son de un determinado nivel o Plan de Estudios, de diferente autor o época, incluso de distinto país. Se puede dar el caso que en un dibujo antiguo y supuestamente desfasado se halla la mejor solución a un determinado problema, o la forma más inteligible de desarrollar una teoría, enunciar un teorema o tratar un determinado concepto geométrico.

No cabe la menor duda de que se aprecia en un considerable sector de discentes la dificultad para la comprensión y posterior asimilación de la mayor parte de los contenidos temáticos que configuran los textos sobre Geometría Descriptiva. Si se analizan las causas se observará que son complejas, aunque se pueden destacar algunas de ellas en el entendido que pueden tener relación con el estilo y la terminología que se viene empleando en estos textos.

---

<sup>131</sup> Gómez Vargas, Juan Carlos, *Análisis de los contenidos y el método didáctico de la asignatura de geometría descriptiva desde su perspectiva histórica*, Departamento de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada, España, 2016, p. 20.

## 75 (76) TEXTOS GRIEGOS LLEGADOS A NUESTROS DÍAS<sup>132</sup>

TEXTO	CANTIDAD
Aritmética	3
<b>GEOMETRÍA</b>	<b>34</b>
Astronomía	15
Óptica	2
Armónica (música)	5
Mecánica	10
Geografía matemática	1
Geodesia	1
Logística (problema de los bueyes de Arquímedes)	(1)
Otros	3

## 75 (76) REPARTO POR ÉPOCAS

ÉPOCA	CANTIDAD
Helenística (300 – 30 a.C.)	21
Romana (30 a.C. – 300)	24
Tardana (300 – 550)	20
Inasignable	10 (11)

Tablas: J. E. Ramírez A.

Como se puede observar la mayoría de textos –aproximadamente la mitad- son de Geometría. Y la repartición de textos por épocas es casi la misma, lo que se pudiera pensar que mientras más lejana la época, existirían menos textos y no es así. De la época anterior a Platón y de Aristóteles solo conocemos las citas posteriores de fragmentos de la *Historia de la matemática* de Eudemo y de otras obras de Autólico de Pitane. Todo ello hace menos sorprendente que en el Liceo pre-aristotélico se preocuparan por la historia de la matemática desde los albores hasta Euclides. Sería Eudemo quien elaboraría dicha historia, por temas. Por desgracia se ha perdido y solo se tiene un conocimiento parcial e indirecto gracias a las citas de autores algunos siglos posteriores, ya de nuestra era. Es de sorprender que la mayoría de los textos griegos llegados a nuestros días y conservados sean 34 en total de Geometría y que el segundo libro más publicado después de la Biblia sea el de los *Elementos* de Euclides.

## Clasificación en orden de consultas y número de ejemplares sobre Geometría Descriptiva en la biblioteca de la Facultad de Arquitectura UNAM

No.	Autor	Título	Año	Clasificación	Consultas/ ejemplares
1	Torre Carbo, Miguel De la	Geometría descriptiva.	1965	QA501 T65	1125/18
2	Torre Carbo, Miguel De la	Geometría descriptiva	2001	QA501 T66 2001	331/4
3	Navarro de Zuillaga, Javier	Forma y representación: un análisis geométrico.	2008	QA501 N38	164/9
4	Pozo, José Manuel	Geometría para la arquitectura :concepto y practica	Depósito legal 2002	QA501 P69	128/20
5	Slaby, Steve M.	Geometría descriptiva tridimensional.	1968	QA501 S52	113/6
6	Izquierdo Asensi, Fernando	Geometría descriptiva.	1956	QA501 I9	105/5

<sup>132</sup> Pla I, Carrera Josep, *La Geometría Euclides Las matemáticas presumen de figura*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U., España, 2012. Fuente: Ramón Masiá, “Corpus de la matemática griega con introducción”

**GEOMETRÍA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

7	Giombini, Adrián	Geometría descriptiva: Planos acotados, doble proyección ortogonal y perspectiva lineal.	1959	QA501 G45 1959	44/3
8	Rowe, Charles Elmer	Geometría descriptiva	1967c1964	QA501 R786	44/3
9	Raeder, Pablo H.	La geometría de la forma	1992	QA501 R26	43/5
10	Betancourt Cuevas, Jorge	Elementos de la geometría descriptiva.	1969	QA501 B48 1969	33/2
11	Ranellett Cesare	Elementos de geometría descriptiva y sus aplicaciones a la teoría de las sombras y al corte de piedras y maderas / Vers. del italiano por m. Álvarez Castrillón.	1953	QA501 R318	27/3
12	García Salgado, Tomás	Instrumentos para la geometría perspectiva	2004	QA515 G37	26/11
13	Aparici, R.	Lecciones de geometría descriptiva	[1886?]	QA501 A63	22/1
14	Chinas de la Torre, Amado	Geometría descriptiva.	1970	QA501 C43	18/1
15	Franco Taboada, José Antonio	Geometría descriptiva para la representación arquitectónica	2011	QA501 F73	11/5
16	Izquierdo Asensi, Fernando	Geometría descriptiva superior y aplicada.	1975	QA501 I925	10/1
17	Wellman, Bernard Leighton 1908	Technical descriptive geometry.	1965	QA501 W4 1965	4/1
18	Cabezas Gelabert, Lino	Análisis gráfico y representación geométrica	Depósito legal 2001	QA464 C33	6/1
19	Schumann, Charles Henry, 1893	Descriptive geometry: a treatise on the graphics of space for the scientific professions.	c1946	QA501 S42	3/1
20	Rossier, Paul	Perspective.	Impresión 1960	QA515 R67 1960	2/1
21	Moreux, Theophile, 1867-1954	Pour comprendre la géométrie descriptive	1929	QA501 M67	1/1
22	Rowe, Charles Elmer	Engineering descriptive geometry :the direct method for students, draftsmen, architects and engineers	1958	QA501 R78	1/1
23	Hachette, Jean Nicolas Pierre, 1769-1834	Traite de geometrie descriptive :Comprenant les applications de cette geometrie aux ombres, a la perspective et a la stereotomie	1828	Q 501 H32 1828	0/1
24	Brisse, Charles, 1843-1898	Cours de geometrie descriptive ; professe a l'ecole centrale des arts & man ufactures / Par ch. brisse redige et annote par h. picquet	1898	QA501 B75	0/1
25		Elements de geometrie descriptive :Avec de nombreux exercices.	1910	QA501 E5 1910	0/1
26	Falconer, John	Elements de geometrie descriptive avec de nombreux exercices.	1913	QA501 F369	0/1
27	Fernández Calvo, Silvestre	La geometría descriptiva aplicada al dibujo técnico arquitectónico	1986	NA2700 F47	0/12
28	Chanfón Olmos, Carlos, 1928	Curso de estereotomía :procedimientos de trazo para materiales pétreos de construcción : paquete didáctico	1990	TA672 C44	0/4
29	Bustamante, Octavio	Geometría descriptiva	1923	QA501 B82	0/1
30	Javary, A.	Traité de géométrie descriptive	1889-1893	QA501 J37	0/1
31	Fourcy, Eugene Lefebure de, 1812	Traite de geometrie descriptive :précédé d'une introduction qui renferme la théorie du plan et de la ligne droite consideree dans l'espace	1847	QA501 F68 1847	0/2
32	Leroy, C. F. A., 1780-1854	Traité de géométrie descriptive :suivi de la méthode des plans côtés et de la théorie des engrenages cylindriques et coniques, avec une collection diépure, composée de 71 planches	1855	QA501 L47 1855	0/2

Fuente: Biblioteca Lino Picaseño de la Facultad de Arquitectura. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018.

Tabla: J. E. Ramírez A.

Conviene aclarar que los libros disponibles en la biblioteca de la FA, de ninguna manera se pretende descalificarlos, pues la mayoría de ellos están perfectamente estructurados y donde se exponen con gran rigor científico y sentido pedagógico los distintos contenidos temáticos enseñados en la asignatura. Independiente a estos títulos, se puede acotar que en su mayoría adolecen de un exceso de rigidez argumental y, atendiendo a la función docente que se supone debe desempeñar este tipo de publicaciones, sería conveniente el intentar disminuir o hacer más soportable la publicación de nuevos textos y disimular o encubrir algo de esa rigidez técnica o científica, no se trata de paliar ciertos defectos aparentando que no se ven, se agradecería poder atenuarlos, siempre que fuera posible esa sensación de monotonía que preside su narrativa, pues se tiene poco en cuenta que la naturaleza ardua y especulativa de las proposiciones geométricas suele dar lugar a una lectura del todo ingrata y tediosa, poco dada a suscitar en el discente, y por extensión el lector, el interés que debería desear.<sup>133</sup>

### 3.1.4 CONSTATAción DE LO OBSERVADO

#### 3.1.4.1 Resultados

##### Consulta a discentes

PRESENTACIÓN Lo primero fue agradecerles su colaboración en esta entrevista.

Antes de comenzar se explicó brevemente la finalidad de la misma. Esta entrevista se utilizará para el Trabajo de Investigación en la Maestría en Arquitectura de la UNAM. El objetivo es recoger la percepción de los discentes sobre algunos aspectos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva en esta escuela por la implantación de los nuevos Planes de Estudio en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. De este modo, creo que su opinión puede aportar una información muy valiosa para este trabajo. La duración estimada de esta entrevista es de unos 10 minutos y lo más importante es la sinceridad en las respuestas. Como en todo proceso de investigación, tienen la garantía absoluta de que todas las opiniones expresadas serán TOTALMENTE CONFIDENCIALES, y bajo ningún concepto serán utilizadas para otros fines que no sea la propia investigación. Al final del proceso se realizará un informe con las conclusiones que se pueden facilitar para que lo valoren y expresen su opinión sobre el mismo. ¿Están de acuerdo? ¿Desean hacerme alguna pregunta o aclarar algo antes de comenzar?

Pues se volvió a reiterar el agradecimiento por el tiempo y la dedicación. Muchas gracias.

De manera complementaria, los resultados obtenidos del análisis cuantitativo se confrontaron con los testimonios de discentes (76 en total), con el fin de indagar acerca de las experiencias significativas no visibles en los planes de estudios curriculares. Como el acceso a esta información es más limitada, se lograron entrevistas que representan el cien por ciento de los discentes entrevistados: trece entrevistas (una española-europea) a discentes que realizan estudios en primer año de Arquitectura, de Ingeniería y de Edificación en la Universidad de Granada, las que se enfocaron especialmente en las apreciaciones sobre su relación con el curso y el perfil del egresado de la universidad.

Los discentes, por su parte, señalan como significativas, en su primer año de formación, experiencias más allá del currículo o los programas académicos de los cursos. Entre ellas espacios de interacción fuera de las aulas y ceremonias o actividades de iniciación. En este sentido, se hace evidente un peso ma-

---

<sup>133</sup> Gómez Vargas, Juan Carlos, *Op. cit.*, p. 21.

yor del componente asociado al área de proyectos en la memoria de los consultados, sobre las demás áreas que exhiben, así, un carácter subsidiario.

### Consulta a docentes

Los testimonios de los docentes consultados (8 en total) confirman la división por áreas de conocimiento, relativa tanto la estructura general de las carreras como a sus disciplinas particulares. Y aunque, además, revelan desconocimiento o falta de interacción con las demás áreas, manifiestan un consenso generalizado sobre la importancia de sembrar la noción de integridad desde la base formativa del discente de arquitectura.

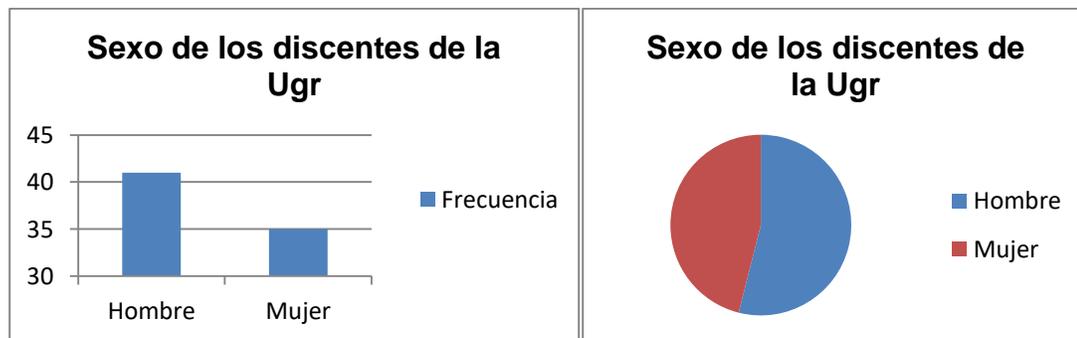
El propósito de este capítulo es presentar una escala para la medición de actitudes a partir de un instrumento de recolección de datos o ítems presentados a los discentes de la Universidad de Granada, que es un cuestionario. Para nuestro ámbito académico nacional no fue posible realizarlo. Llevadas algunas entrevistas no estructuradas con los discentes “personas claves” se realizaron en su ambiente natural, es decir, en el aula y al término del ciclo escolar, de tal manera que pudieran contar sus deseos y opiniones con referencias a los problemas en los cuales estamos interesados, actuando de la manera más natural posible.

El primer nivel de medición es el denominado Nominal: consiste en hacer solamente la distinción entre hombre y mujer.

Escuela Técnica Superior	Hombre	Mujer
En Edificación	2	5
En Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	15	4
En Arquitectura	11	6
	1	1
	7	8
	5	11
<b>Sub-total</b>	<b>41</b>	<b>35</b>
<b>Total</b>	<b>76</b>	

Tabla: J. E. Ramírez A.

SEXO DE LOS DISCENTES DE GEOMETRIA DESCRIPTIVA de la Ugr.				
Genero	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Hombre	41	53.9 %	53.9 %	53.9 %
Mujer	35	46.1 %	46.1 %	100.0 %
Total	76	100%	100%	



Se construyó una escala que implica una serie de procedimientos mediante los cuales se seleccionaron ítems y se adjudicaron números a un conjunto de ítems (juicios o sentencias), número que va a expresar la intensidad que el grupo de discentes manifiestan en la variable.

Las actitudes en el contexto individual representan un estado mental que es un puente entre estados psicológicos y objetos exteriores (aprender Geometría Descriptiva). Kretch y Cruschfield<sup>134</sup> sostienen a este respecto que se puede definir a una actitud como una organización durable de procesos motivacionales, emocionales, perceptuales y cognitivos con respecto a algún aspecto de la realidad del discente.

Estas actitudes representan un residuo de la experiencia anterior del discente.<sup>135</sup> Siendo que aquellas perduraran en el sentido que tales experiencias son trasladadas a nuevas situaciones, como sería la nueva experiencia de aprender Geometría.

Las actitudes medidas por escalas deben interpretarse en términos analíticos no como “hechos”, sino como “síntomas”.

Existen una serie de conceptos relacionados a las actitudes, entre ellos se detallan los siguientes:

- Creencia: actitud que incorpora una cantidad importante de estructura cognitiva. La actitud es *hacia* algo, mientras que la creencia es *en o sobre* algo.
- Sesgo (bia): actitud o prejuicio débil, basado en premisas incompletas, deducidas falsamente o preconcebidas. Por tanto, es poco precisa y relativamente fácil de cambiar.
- Ideología: es un sistema cognitivo elaborado, que sirve para justificación de formas específicas de comportamiento, o como medio de racionalización. Es concebido como un sistema lógico falso. Se acepta como una fe.
- Valor: en un sentido psicológico amplio, son marcos de referencia que sirven de guía para la evaluación de la experiencia y la conducta.
- Opinión: es una evaluación tentativa, no fija, sujeta a cambio. es decir, es menos fija y no comprometedor para el discente.

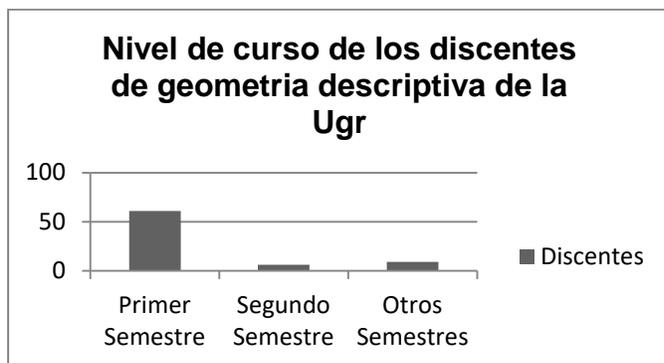
### Propiedades de las actitudes

- 1) Dirección
- 2) Intensidad
- 3) Estabilidad
- 4) Fortaleza
- 5) Importancia
- 6) Visibilidad
- 7) Relevancia interna
- 8) Involucramiento del ego
- 9) Integración y aislamiento
- 10) Especificidad o precisión
- 11) Verificabilidad

2. ¿A qué nivel de curso acudes?				
Respuesta	Primero	Segundo	Otro	Porcentaje acumulado
2	61	6	9	76
Porcentaje	80.3 %	7.9 %	11.8 %	100.0 %

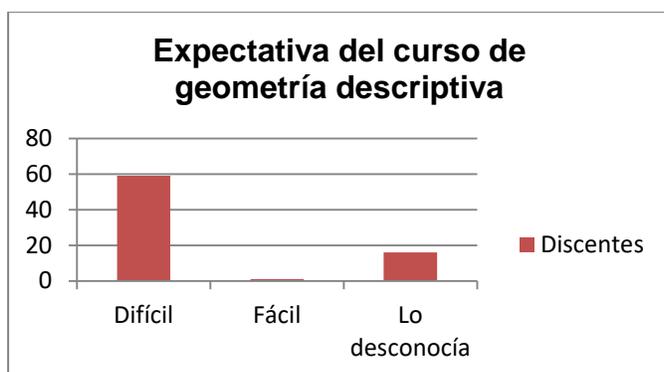
<sup>134</sup> Kretch, D, Cruschfield, R. S., *Theory and Problems of Social Psychology*, McGraw Hill, Nueva York, 1948.

<sup>135</sup> Newcomb, T. M., *Personality and Social Change: attitude formation in a Student community*, Dryden, Nueva York, 1943.



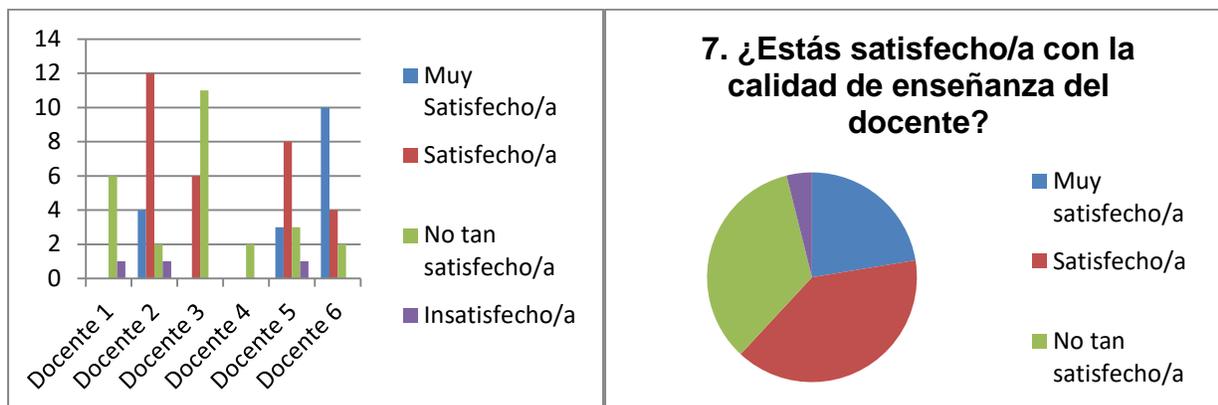
**3. Sobre tus expectativas al principio del curso, ¿Cómo lo esperabas?**

Respuesta	Difícil	Fácil	Lo desconocía	Porcentaje acumulado
3	59	1	16	76
Porcentaje	77.6 %	1.3 %	21.1 %	100.0 %



**7. ¿Estás satisfecho/a con la calidad de enseñanza del docente?**

Docente	Muy Satisfecho/a	Satisfecho/a	No tan Satisfecho/a	Insatisfecho/a	Porcentaje total y frecuencia
1	0	0	6	1	7
2	4	12	2	1	19
3	0	6	11	0	17
4	0	0	2	0	2
5	3	8	3	1	15
6	10	4	2	0	16
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>22.4 %</b>	<b>39.5 %</b>	<b>34.2 %</b>	<b>3.9 %</b>	<b>100.0 %</b>



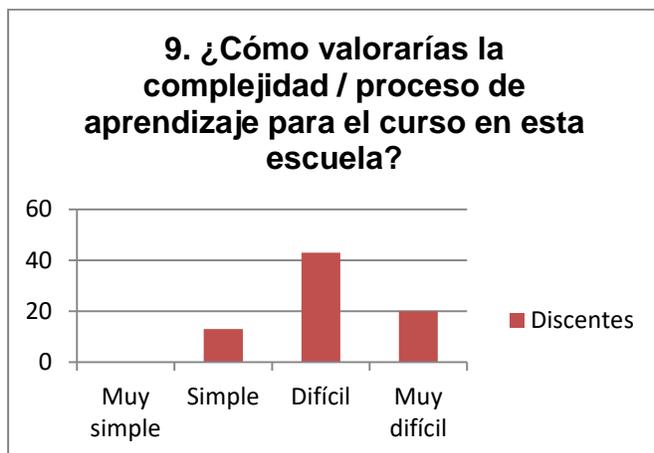
**8. ¿Crees que el docente está lo suficientemente preparado para las necesidades de los estudios?**

Docente	Muy preparado	Preparado	No tan preparado	Mal preparado	Porcentaje total y frecuencia
1	0	0	6	1	7
2	6	11	2	0	19
3	4	11	2	0	17
4	0	0	2	0	2
5	6	5	4	0	15
6	11	5	0	0	16
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>35.5 %</b>	<b>42.1 %</b>	<b>21.1 %</b>	<b>1.3 %</b>	<b>100.0 %</b>



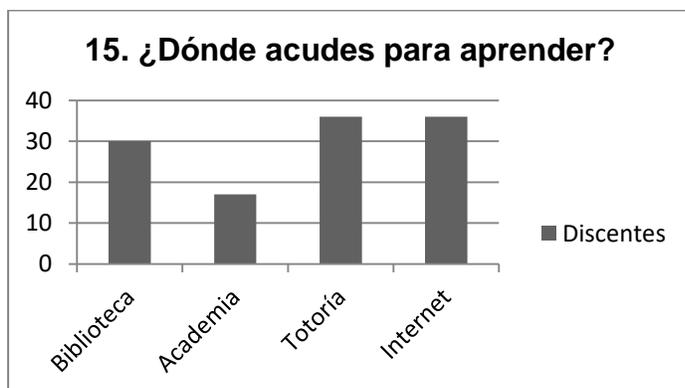
**9. ¿Cómo valorarías la complejidad / proceso de aprendizaje para el curso en esta escuela?**

Respuesta	Muy simple	Simple	Difícil	Muy difícil	Porcentaje total y frecuencia
9	0	13	43	20	76
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>43</b>	<b>20</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>0.0 %</b>	<b>17.1 %</b>	<b>56.6 %</b>	<b>26.3 %</b>	<b>100.0 %</b>



**15. ¿Dónde acudes para aprender?**

Respuesta	Biblioteca	Academia Externa	Tutoría	A través de Internet	Porcentaje total y frecuencia
15	30	17	36	36	119
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>119</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>25.2 %</b>	<b>14.2 %</b>	<b>30.3 %</b>	<b>30.3 %</b>	<b>100.0 %</b>



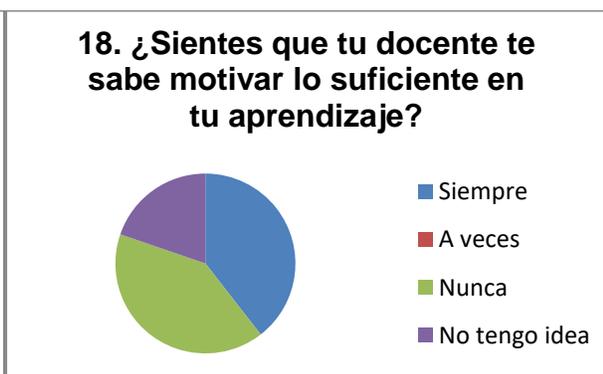
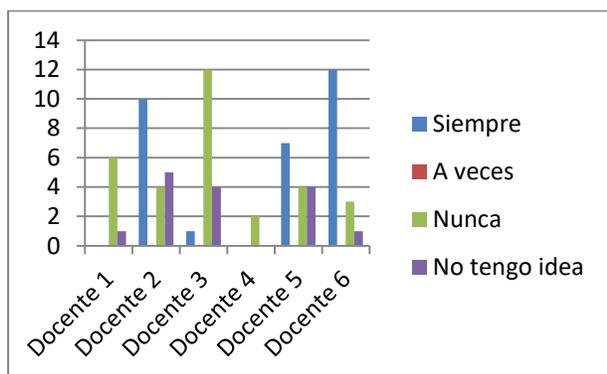
**16. ¿Qué medios utilizas/necesitas para el aprendizaje?**

Respuesta	Libros/apuntes	Textos online	Videos	Audios	Porcentaje total y frecuencia
16	42	16	45	4	107
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>45</b>	<b>4</b>	<b>107</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>39.3 %</b>	<b>15.0 %</b>	<b>42.0 %</b>	<b>3.7 %</b>	<b>100.0 %</b>



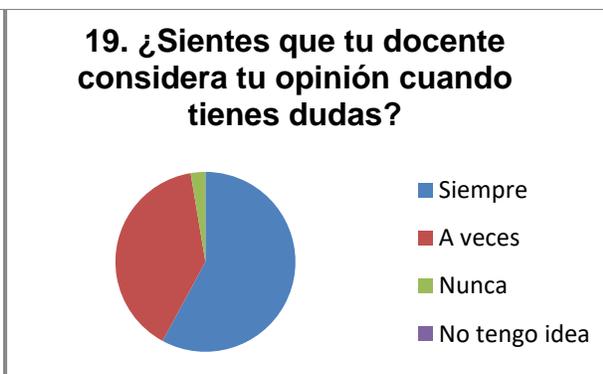
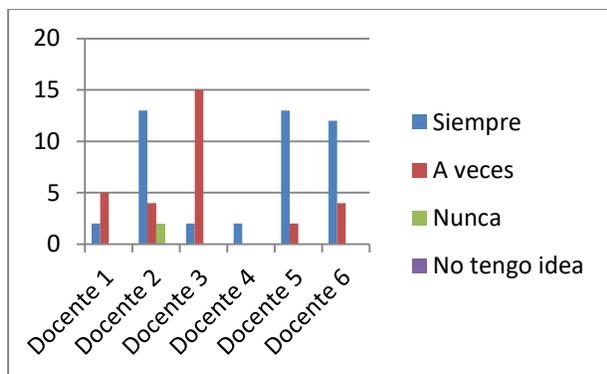
**18. ¿Sientes que tu docente te sabe motivar lo suficiente en tu aprendizaje?**

Respuesta	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea	Porcentaje total y frecuencia
18	30	0	31	15	76
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>39.5 %</b>	<b>0.0 %</b>	<b>40.8 %</b>	<b>19.7 %</b>	<b>100.0 %</b>



**19. ¿Sientes que tu docente considera tu opinión cuando tienes dudas?**

Respuesta	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea	Porcentaje total y frecuencia
19	44	30	2	0	76
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>57.9 %</b>	<b>39.5 %</b>	<b>2.6 %</b>	<b>0.0 %</b>	<b>100.0 %</b>



20. ¿Piensas que eres lo suficientemente valorado/a por las tareas que haces?					
Respuesta	Siempre	A veces	Nunca	No tengo idea	Porcentaje total y frecuencia
19	43	0	32	1	76
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>76</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>56.6 %</b>	<b>0.0 %</b>	<b>42.1 %</b>	<b>1,3 %</b>	<b>100.0 %</b>



“¡aritmética! ¡Algebra! ¡Geometría! ¡Trinidad grandiosa!  
¡Triángulo luminoso! El que no os ha conocido es un insensato...”

Conde de Lautrèamont (1846-1870)

## CAPITULO 4

### EVALUACIÓN DE LA DIDACTICA ACTUAL DE LA GEOMETRIA DESCRIPTIVA



*Alegoría de la Geometría. Púlpito de la Catedral de Pisa (Giovanni Pisano. Las figuras de Giovanni, llevan la inscripción y ocupan claramente la cara del prisma octogonal que les corresponde. La iconografía es la que solemos encontrar en los trabajos de los Pisanos: compás para la Geometría*

#### 4.1 EVALUACIÓN Y VALORACIONES QUE EXTIENDAN EL APRENDIZAJE DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

##### 4.1.1 CONSECUENCIAS EN LA ESCUELA MEXICANA DE ARQUITECTURA

Haremos un análisis de coyuntura que estén directamente relacionados con la ideología educativa y la producción geométrica académica como obra didáctica dentro de esta época contemporánea en la escuela mexicana de arquitectura, para que formen parte del objeto de conocimiento y de cómo reconocer la crítica-pensamiento (problema-diversidad) a través de la descripción, es decir, constatar elementos (¿Qué?), explicación, o sea relacionar elementos (¿Por qué?) y finalmente sintetizar, para entender y tipificar elementos (¿Para qué?).

##### 4.1.1.1 Descripto explicativo: ¿Qué?

¿Qué entender por producción geométrica académica contemporánea como reproducción ideológica en la escuela de arquitectura?

Al parecer, las ideas juegan un papel tan importante, que se considera la necesidad de constatar y contrastar algunos de los enunciados con el entendimiento de la ideología, término entendido en su sentido peyorativo como el estudio o conocimiento de las ideas, pero más bien se refiere a la explicación de la

realidad que le toca vivir a cada sociedad en relación al modo de producción que la sostiene, -si se comprende como docente o discente- la “realidad misma, pudo constituirse *a-si*, con y como el objeto de diseño. La contemplación o la actitud contemplativa, refiere a la necesidad de integrar o construir sistemas de ideas, conceptos, imágenes y figuras, donde lo matemático”<sup>136</sup> y lo tecnológico pueden entrar a formar parte, como condición o factor, en las fases de prefiguración geométrica del diseño y de sobre manera la base tecnológica; esta última se encontraría subordinada a la estructura o condición verdadera de la producción geométrica académica dentro de la actualidad imperante en las instituciones educativas.

La ideología está movida por el deseo de demostrar que el grupo que la profesa tiene razón en ser lo que es. Su papel mediador sigue siendo irremplazable. Este carácter "generativo" de la ideología se expresa en el poder fundador que ejerce ante las instituciones educativas en este caso y que de ella reciben la creencia en el carácter justo y necesario de la acción instituida. Pero, ¿de qué manera la ideología de la reproducción CAD de lo geométrico preserva su propio dinamismo en la enseñanza del diseño del objeto arquitectónico en la escuela? “El diseño de retículas en la arquitectura se concibe para geometrizar, sobre ciertos principios de orden lo que será el objeto”<sup>137</sup>. El concepto de eje, como elemento geométrico de diseño, tiene este singular origen de orden y su disposición es producto y efecto de la contemplación geométrica.

Tenemos que proponer, a saber que toda ideología es simplificadora y esquemática. Es una clave, un código para darse una visión de conjunto, no solo del grupo sino de la historia y, en último término de la realidad. Este carácter "codificado" de la ideología es inherente a su función justificadora; su capacidad de transformación no se preserva sino a condición de que las ideas que lleva consigo se conviertan en opiniones, que el pensamiento pierda rigor para aumentar su eficacia social, como si solo la ideología pudiese mediatizar no solamente la memoria de los actos fundadores, sino también los mismos sistemas de los pensamientos. De este modo todo puede llegar a ser ideológico.

#### 4.1.1.2 Descripto unificador: ¿Por qué?

La producción ideológica está en la reproducción geométrica de la realidad. Irigoyen explica bien esto, y con lo que señala podemos decir como ejemplo paradigmático cómo se resuelve un problema geométrico con la invención de nuevos recursos basados en el uso de nuevas tecnologías. O bien, baste con entender que podrá ser el ingenio o el método tradicional del diseñador (docente/discente) el que salga a enfrentar los retos de la producción geométrica del objeto. La Geometría en su esencia racional no sucumbe frente a la necesidad aparente de lo irracional. “Por eso no importa que la diagonal del cuadrado no mantenga con su lado una relación expresable en términos enteros”<sup>138</sup>. Lo verdaderamente importante no es la exactitud, sino mantener el carácter de conmensurabilidad de la realidad académica misma y su producción geométrica.

Para la producción geométrica debemos seguir un orden de diseño profundo poético (*poiesis*) con cuatro variables que según Irigoyen hacen una matriz de todo acto creativo y estas serían:

1. Orden ontológico (el ser) de quien diseña como fundamento. (SER)

---

<sup>136</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 55.

<sup>137</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 55.

<sup>138</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 57.

2. Orden lógico derivado del saber y conocer (Técnica, Arte y Ciencia). (CONOCER)
3. Orden evolutivo con dispositivos neuronales (símbolos y signos). (HACER)
4. Orden cultural (sujeto después de miles de años). (CULTURA)

Para esto debemos interpretar a la historia como condición social y a la razón como productiva de lo natural y lo cultural.

Es curioso pensar que en la enseñanza de la arquitectura existe una fuerte resistencia a creer que la arquitectura y la ideología tengan mayor relación que la que condujo al arquitecto alemán de Adolfo Hitler, Albert Speer a diseñar aquellos imponentes edificios del Tercer Reich.

En la época del partido nacionalsocialista (régimen nazi del periodo llamado Segunda Guerra Mundial), en Alemania de los años cuarenta, Albert Speer diseñó la Catedral de la Luz para el Congreso del Partido en Núremberg, en 1934, utilizando todos los reflectores antiaéreos disponibles alrededor del escenario. En ese momento Speer dijo que la iluminación apuntó a disimular los cuerpos gruesos de los nazis en marcha. “Este ‘teatro’, será un día único, diseño por el que me recordarán.”<sup>139</sup>

Sin embargo Speer ¿pensaría sólo en la producción geométrica o ideológicamente contribuía a este modo de producción?

El dominio de la tecnología bajo las diversiones cambiantes de la información domina mundialmente la sociedad moderna y atenta de esa forma contra las libertades de las personas al obstruir su visión de la realidad. “La velocidad transforma el punto en línea”.<sup>140</sup>

Estos enfoques, que comprenden, entre otros: el origen, la intencionalidad, la potencia de la producción y la autoría entre otros, al comprenderlos y analizarlos, dan pautas, para poner en los mismos términos a la producción de lo geométrico y a la ideología de su enseñanza que rodea su reproducción y a su finalidad como aprendizaje que es adjetivada como formación del arquitecto y al mismo tiempo que permita acotar al diseño como concepto de un modo de producción determinado.

Para Bacon, el desarrollo científico era un síntoma de esta languidez intelectual. Discriminan información “para evitar pensar”, creando axiomas y absolutos que se aplican con base en códigos, como una especie de muletilla a su cotidianidad.

Su forma de acercarse a esa suposición fue a partir de definir a los “ídolos” que tienen posesión del entendimiento humano, es decir, que el ser humano antepone a su percepción y experiencia para abstraerse de la realidad.

Bacon considera que el hombre por su naturaleza “cómoda”, “supersticiosa” y “propensa a creer”, discrimina información con tal de ordenar lo inordenable y modifica la percepción de los individuos que lo rodean al tratar de convencerlos. Según Bacon, ese fenómeno se puede observar en la tendencia de las ciencias de buscar los axiomas y los absolutos. Esos prejuicios proveen fórmulas de comportamiento a diferentes estímulos, es decir, reduce la máxima comprobación del científicismo, el cual propone que las mismas condicionantes, bajo el mismo método, arrojaran siempre el mismo resultado; al explicar que antes que todo, ese resultado lo que va a determinar, es la manera de percibir colectivamente el experimento.

En ese sentido hay que entender a la idea como una representación mental que se asocia con algo real. En ese orden de “ideas” el considerado padre de la ideología el filósofo francés de la ilustración An-

---

<sup>139</sup> Sereny, Gita, *Albert Speer, el arquitecto de Hitler: su lucha con la verdad*, Vergara, 2006.

<sup>140</sup> Virilio, Paul, *Véhiculaire, en Normades et vagabonds*, 10-18 p. 43: sobre la aparición de la linealidad y las alteraciones de la percepción debidas a la velocidad.

toine Louis Claude Destutt, marqués de Tracy (1754-1836) en 1803, basado en los estudios de Locke y Condillac postula que, “pensar es sentir” y que dicha capacidad contiene cuatro facultades que la hacen posible: la sensibilidad, la memoria, el juicio y la voluntad. La combinación entre ellas genera ideas, pasiones, recuerdos y deseos que orientan nuestras acciones.

Lo mismo que el conocimiento de la naturaleza y del hombre, la teoría de la educación necesita de la ideología, que investiga cómo se origina, se forma y se desarrolla la expresión de las ideas mediante el lenguaje, en este caso el lenguaje geométrico dentro del lenguaje tecnológico.

La ideología no es simplemente una falsa conciencia, una representación ilusoria de la realidad, es más bien esta realidad tecnológica la que ya se ha de concebir como ideológica.

De manera que haciendo una referencia a todo lo anteriormente expuesto, se pronuncian las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la relación imaginaria entre el arquitecto y el modo de producción geométrico al aprenderla en el aula de manera tradicional o de manera tecnológica?
2. ¿Qué diferencia existe entre una simple enseñanza de la geometría tradicional y una compleja enseñanza con nuevas tecnologías? Es decir, cuales son considerados los valores en ambos modos de producción geométrica?

Se puede responder y por tanto, entender que la ideología se encuentra en el hacer, y por tanto en la realidad material. Diferenciar o poner el mito del impacto tecnológico llamadas nuevas tecnologías al modo productivo de la enseñanza de la Geometría, así como el impacto ideológico, es en el impacto práctico docente donde la calidad se versa contra la velocidad y el desarrollo tecnológico como un mito del progreso en relación de equivalencia con la enseñanza tradicional de la Geometría y con la comprobación que las características de calidad se adapten a determinadas normas de enseñanza y aprendizaje en el campo temático del diseño con uno de sus instrumentos el CAD parece no ser un mero error de concepción.

En el ámbito del diseño, en el seno de su propio sector socio-técnico donde está inscrita la Geometría, se incuban los mismos miedos e inseguridades que en el conjunto de docentes y discentes, favorecidos por las ya insuperables carencias intelectuales: bajísima instrumentación teórica, débil capacidad analítica y nula autocritica. En este sentido reafirmamos lo que argumenta Bacón al decir que se discriminan información “para evitar pensar”, el entendimiento humano se mueve principalmente por aquellas cosas que lo sorprenden súbita y simultáneamente, las cuales llenan e hinchan la fantasía y entonces, aunque inconscientemente, supone e imagina que el resto se comporta como aquellos pocos hechos que lo embargan...el entendimiento...o los hechos remotos y heterogéneos por medio de los cuales se prueban los axiomas. Se trata de la misma avidez de sorpresa que genera el culto de lo innovador, lo insólito, lo sensacional, lo espectacular, lo catastrófico. Una especie de voyerismo, curiosidad y ansiedad de noticias alentadas por el tedio cultural. La expectativa de alguna forma de revulsión del diseño desde la perspectiva de la Geometría Descriptiva por obra de la nueva tecnología está viva desgraciadamente en los que estudian y trabajan en la arquitectura.

Pero semejante efecto transformador, inventado y descrito por imperio de la necesidad, no es un hecho de la realidad. El “impacto revolucionario” de la tecnología es, clínicamente hablando, una construcción fantasiosa de tipo compensatorio: en el fondo, se espera de la tecnología aquello que se desespera de la ética social.

Pero esta distorsión se ve respaldada por la debilidad analítica que se tiene al aprender la Geometría Descriptiva. La confusión generalizada en torno a la relación entre CAD y Geometría Descriptiva falla en la demora de la afirmación del propio concepto de diseño en general y de Geometría Descriptiva en particular.

La habilidad del diseñador es definir la forma, a través de la Geometría, no construirla. Esta separación o desintegración es la que se ha producido, hace casi un siglo, donde las habilidades manuales pierden el protagonismo del oficio del arquitecto, ahora llamado diseñador por un lado y constructor por el otro, y quedan relegadas, en todo caso, a instrumentos de verificación durante el proceso creativo del objeto. Nadie confundiría, por ejemplo, el diseñar arquitectónicamente con la habilidad para producir maquetas. Por ello Irigoyen, dice al respecto, que “en la historia de la cultura material, ninguna de las posibilidades ha subsistido por sí sola.”<sup>141</sup>

Consecuentemente Carlo Maratta dice:

*[...] es necesario que se establezcan reglas universales que rijan el quehacer de los nuevos arquitectos, que les enseñen a medir los esfuerzos de los arcos y de las bóvedas y la resistencia de los muros [...], tales conocimientos sólo pueden derivar de la doctrina geométrica y de los tratados sobre la medición de bóvedas, sobre resistencia de materiales y la mecánica [...].*

Continúa diciendo Irigoyen; “Bellori trata de refutar el argumento, enunciando y describiendo las grandes obras maestras del pasado, creadas sin el uso de hipótesis geométricas”, lo cual nos lleva a pensar que las obras actuales son una producción geométrica basada en una hipótesis de geometrismo puro también como reproducción académica ideológica.

Maratta continúa explicando:

*[...] la geometría es como una sopa que no puede comprenderse sin cuchara, siendo necesario mucho ingenio para entender sus virtudes [...]*

Y finaliza enfatizando una vez más la necesidad que tienen los arquitectos de esta ciencia para resolver problemas de mecánica, perspectiva e hidrostática.<sup>142</sup>

El carácter artesanal (ensayo-error, ida y vuelta entre idea e imagen) no se elimina, pero se desplaza de la producción material a la conceptual: la Geometría Descriptiva, en todo caso, es una “artesanía intelectual” ya ni siquiera un arte como lo suponía Monge. La tecnología informática incrementa la autonomía respecto de la producción geométrica material. Depura el oficio del arquitecto y lo aloja exclusivamente en la tarea semiótica, comunicacional, recordemos a los ídolos del foro de Bacón (*idola fori*) en representación del lenguaje como herramienta y límite de la percepción.

Por tanto, más que alterar el modo productivo original de la Geometría, la tecnología lo confirma y radicaliza. El proceso productivo geométrico, se mantiene intacto desde su aparición industrial a principios de siglo y, en su aspecto conceptual de fondo, desde el Renacimiento. La informática no ha modificado, ni modificará absolutamente nada.

Aunque la incidencia de la informática sobre la enseñanza de la Geometría no ha significado ninguna revolución en el modo de impartir la disciplina sino, en todo caso, ha depurado su manera ortodoxa

---

<sup>141</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 207.

<sup>142</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 208.

de concebirla, dicha depuración bien podría haber incidido sobre la representación social o, al menos, sobre la autoconciencia de la disciplina. Es decir, el real impacto podría haber sido ideológico: acabar de una vez por todas con una concepción “manual” de hacer Geometría, poniendo a la vista su modelo real y originario, largamente encubierto.

#### 4.1.1.3 Descripto sintetizador: ¿Para qué?

La alteración de las rutas y técnicas productivas podría haber puesto en crisis una concepción de la Geometría asociada a la capacidad operaria en la producción material del mensaje; asociación que vino confundiendo “hacer Geometría” con “dibujar técnicamente” hasta el punto de considerárselos prácticamente sinónimos. El diseño siempre ha sido un proceso de prefiguración conceptual geométrica. Lo realmente distinto hoy es que gracias a la tecnología CAD ya no habría forma de disimularlo.

Pero se piensa que no es así. Al CAD se le asignan unas eficacias muy superiores a las que realmente tiene, al tiempo que se le desconocen las aportaciones de fondo, no exteriores, que efectivamente está realizando, como es el dibujo técnico más preciso y tal vez, lo ponemos en tela de juicio o prejuicio, que sea más rápido y exacto que el dibujo manual “artesanal” tradicional. Pero detrás de esta síntesis de alucinación y ceguera no se haya sino la tenacidad de una ideología socio-técnica tan falsa como eficaz.

Los antecedentes de la enseñanza tradicional de la Geometría han sobrevivido, en lo ideológico, manifestándose en una concepción del diseño ligada a la manualidad (léase dibujo a mano alzada con regla y compás) y a la inspiración (arte). La tecnología ha sustituido al dibujo y representación tradicional por medio de la mano sin que por ello se haya reducido la jerarquía asignada a los medios de producción. Más bien, dicha jerarquía se ha incrementado hasta la mitificación de decir equivocadamente que el diseño es “asistido por computadora” (Computer-Aided-Design CAD por sus siglas en inglés), o mejor utilizar el término para “dibujo asistido por computadora” (Computer-Aided-Drafting o Drawing CADD), que incluye el proceso de creación de un dibujo técnico con el uso de software de computadora, que sería el concepto mejor aplicado para la herramienta de dibujo y no de diseño: solo se ha sustituido el lápiz por el ratón.

Sin duda, las experiencias y reflexiones, como otro de los ídolos a que hace referencia también Bacón en la caverna (*idola specus*) a los que ubica en las transacciones entre el conocimiento y sus experiencias, a este respecto prolongadas deberán lograr que el concepto estricto de la enseñanza de la Geometría como proceso de producción del diseño gane espacio social, especialmente en el ámbito de profesionales vinculados con ella. Esta sociedad como muchas en el mundo, que ha sepultado en el olvido los grandes géneros de la cultura, -como lo es tal vez la reducción del estudio de la Geometría- arrinconándolos en pequeños guetos.

Si se descarta el supuesto “impacto transformador” de la tecnología sobre el proceso productivo de la enseñanza de la Geometría y a su vez también un hipotético efecto de esclarecimiento de su concepto, podríamos rastrear ahora su real incidencia y consecuencia en el nivel, más modesto, del proceso del trabajo académico.

En ese nivel, el impacto más generalmente reconocido es la aceleración de los procesos debido a la velocidad que la tecnología ha impregnado a ciertas fases de la resolución de los problemas geométricos y de diseño por supuesto. Y por tanto, tal reconocimiento lleva implícito un valor positivo: “hacer las cosas más rápido está siempre bien” pero siempre no es lo más adecuado. No hace falta demasiado esfuerzo

para detectar el imaginario de tal certeza; estamos ante un *a priori* ideológico, un verdadero mito contemporáneo: la panacea de la velocidad.

Pero, si lo que nos interesa medir es el impacto específico sobre la producción de trabajo geométrico en el aula, el punto de vista prioritario será el de la calidad del producto final. Desde este punto de vista, el incremento de la velocidad devendría un valor positivo si, por ejemplo, el tiempo ahorrado se pudiera trasladar a la labor de diseño geométrico propiamente dicho, a la profundización de la búsqueda de soluciones de diseño geométrico con mayor valor agregado, y por tanto, al aumento de calidad final del producto de diseño.

Este incremento de la velocidad por lo anteriormente expuesto, es un valor sólo por el hecho de que permite compatibilizar y homologar sus procesos con los ritmos de los demás ámbitos productivos conexos, tanto laborales como educativos, que de igual manera se han acelerado gracias o por desgracia a la incorporación de esta herramienta de dibujo: un verdadero círculo vicioso originado en el carácter sistemático del desarrollo tecnológico. Las prácticas han devenido hábitos y éstos mentalidad, en un proceso rapidísimo de redimensionamiento de los ritmos “naturales”.

Por tanto, puede decirse que no ha habido cambio real: no es verdad que ahora, gracias a la tecnología, tengamos más tiempo para aumentar la calidad de nuestra producción geométrica en el diseño. Una vez más se comprueba otro de los ídolos de Bacon, ahora del teatro (*idola theatri*) que son los cánones, dogmas y normas en general que se aprenden y se repiten en la colectividad para relacionarse.

Pero la objetividad de esta comprobación carece de incidencia sobre el imaginario colectivo: hacer las cosas más rápido seguirá siendo mejor, cualquiera fueran sus efectos. Por consiguiente para esta cultura de la “prisa” el CAD es su autopista. Poco más que eso. Su única virtud es puramente sistemática: el ser contextualmente indispensable.

El contraste entre la concepción de la tecnología como resorte de cambio radical del dibujo y la efectiva restricción de dicho cambio a la mera aceleración de los procesos sin aumento real de la calidad es una auténtica paradoja. He aquí la verdadera disyuntiva o contradicción en esa dialéctica llamada evolución y no revolución: ¿del progreso?

No obstante, conociéndose el contexto, tal paradoja resulta de una lógica incuestionable. Pues, ¿presenta, acaso, alguna dificultad de interpretación la aceleración general de los ritmos de intercambio de servicios y bienes sin mejora sustancial de las calidades totales? Se trata simplemente del mecanismo de calentamiento de la economía, uno de cuyos engranajes básicos es el incremento indefinido del consumo (utilizar computadoras y softwares solo por estatus y mercadotecnia o solo usarlas por usarlas).

El sentido del cambio tecnológico solo puede entenderse en función del contexto socioeconómico e ideológico, pues son estos los que se lo asignan. La tecnología permite dominar los fenómenos masivos al tiempo que acelera el proceso de masificación. El desarrollo tecnológico permanente es no sólo posible sino, fundamentalmente, inevitable; dado que genera, las condiciones de insuficiencia (problemas) que reclaman nuevos desarrollos (soluciones). Esta localización del uso del CAD en el campo de la representación gráfica de las soluciones rápidas la erige en una solución para todos los problemas como una cura total o remedio universal, con lo cual queda, *a priori*, legitimada ideológica y culturalmente.

El progreso tecnológico como única manifestación real del progreso es el nombre del mito con que la sociedad se representa y legitima éticamente su proceso evolutivo desde una perspectiva teleológica. Con “progreso” se hace referencia a un crecimiento del dominio sobre la naturaleza; crecimiento que

va creando nuevos sistemas de valores ideológicos y culturales en los cuales la cuota de disfunción se mantiene estable.

Los desequilibrios internos se pueden dar en el plano psicológico como fisiológico, lo cual recibe el nombre de necesidades. En relación a ello, si el individuo no siente que sus necesidades están satisfechas, la homeostasis lo incita a alcanzar el equilibrio interno a través de conductas que le permitan satisfacer dichas necesidades (utilizando la tecnología).

Por tanto, progreso es ilusión de progreso, porque bajo la visión de los procesos de tipo homeostático se trata de un fenómeno de tipo ilusorio, o de codependencia como una droga. El desarrollo es una carrera sin meta final. Un cambio aparente. Un movimiento absurdamente acelerado. Cambiar para que nada cambie.

Una rápida carrera desculturizante y una masificación disociante y aniquilante de los contenidos éticos de la comunicación son los que dan contenido real al espectacular incremento de recursos instrumentales. No debería sorprendernos que la era de la multimedia coincida exactamente con la era de la anomia, que se podría reconocer como Alzheimer, es decir, por esa característica de deterioro de la capacidad para recordar los nombres o de nombrar objetos, sin embargo la comprensión y repetición no se ven afectadas: jamás se tuvieron tantos recursos para decir tan poco y ser casi nada.

En nuestra sociedad el desarrollo es el fruto de esa rebelión prometida contra la condición humana que sólo logra confirmarla y que obtiene, como único premio, una sensación de haber roto las cadenas; sensación efímera, pero que se repite en ciclos acelerados. A la sucesión de estos momentos idílicos es a lo que llamamos ¡progreso!

Es a partir de lo que Francis Bacon designa como “arrogantes”, “cómodos”, propensos a “creer”, “supersticiosos” y “torpes” a los seres humanos que por su naturaleza anteponen a la tecnología por encima de su percepción y experiencia para abstraerse de la realidad y de cómo discriminan información “para evitar pensar” con tal de ordenar lo inordenable con el ordenador (computadora) y que modifica la percepción de los individuos que la rodean (a la tecnología) al tratar de convencerlos, creando axiomas y absolutos que se aplican con base en códigos, como una especie de muletilla como lo son todos los aparatos de las nuevas tecnologías a su cotidianidad generando que el desarrollo científico sea un síntoma de esta languidez intelectual.

## 4.1.2 CONSIDERACIONES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

### 4.1.2.1 Consideraciones para revisar la comprensión del estudio de la Geometría

Análisis de los Planes de Estudios.

PLANES DE ESTUDIO														
9 años	45 años	19 años	6 años	3años	3años	16 años	9 años	3 años	9 años	1 año	9 años	7 años	18 años	actual
1847-56	1857-67	1902-03	1922	1928	1931	1938-39	1955	1964	1967	1976-78	1979-81	1992	1999	2017

Tabla 1. Fuente: Biblioteca Lino Picaseño de la Facultad de Arquitectura. Planes de Estudio. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018. Tabla: J. E. Ramírez A.

7 Planes de Estudio de 1847 a 1937 (duración de 90 años)

Curso	1847-56	1857-67	1902-03	1922	1928	1931
	No existen etapas o áreas de conocimiento					
1º año	<b>Geometría</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Geometría Descriptiva</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)		<b>Geometría Descriptiva y trazado de sombras</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)		
2º año			<b>Trazo de sombras, perspectiva y Estereotomía</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Estereotomía y perspectiva</b>		
3º año	<b>Geometría Descriptiva</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Geometría Descriptiva</b> 2 horas diarias (no se sabe cuántas teóricas y prácticas)				
4º año	<b>Estereotomía</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Aplicaciones de Geometría Descriptiva</b> 2 horas diarias (no se sabe cuántas teóricas y prácticas)				

Tabla 2. Fuente: *Biblioteca Lino Picaseño de la Facultad de Arquitectura. Planes de Estudio. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018.* Tabla: J. E. Ramírez A.

6 Planes de Estudio de 1938 a 1991 (duración de 53 años)

Curso	1938-39	1955	1964	1967	1976-78	1979-81
	Ciclo de Matemáticas y Edificación	No existen etapas o áreas de conocimiento		Área de Tecnología	Área Creativa	Área de Diseño Arquitectónico Sub área de Geometría
1º año	<b>Geometría Descriptiva, perspectiva y sombras</b> 11.5 horas por semana para el plan 38 13.5 horas para el plan 39	<b>Geometría Descriptiva</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Geometría I</b> Se divide la asignatura en semestre	<b>Geometría I</b> Se divide la asignatura en semestre	<b>Geometría I</b> Se divide la asignatura en semestre 2 horas teóricas 2 horas prácticas	<b>Geometría I</b> Se divide la asignatura en semestre 2 horas teóricas 2 horas prácticas
			<b>Geometría II</b> Se divide la asignatura en semestre	<b>Geometría II</b> Se divide la asignatura en semestre	<b>Geometría II</b> Se divide la asignatura en semestre 2 horas teóricas 2 horas prácticas	<b>Geometría II</b> Se divide la asignatura en semestre 2 horas teóricas 2 horas prácticas
2º año	<b>Estereotomía y diseño de elementos</b> 11.5 horas por semana para el plan 38 13.5 horas para el plan 39	<b>Descriptiva aplicada</b> No se encuentran el número de horas dedicadas a la semana (teóricas y prácticas)	<b>Estereotomía y perspectiva</b>	<b>Geometría III</b> Se divide la asignatura en semestre	Etapa Integral Sub área Geometría-Dibujo Asignatura en 6º Semestre 2 horas teóricas 2 horas prácticas <b>Estereotomía</b> Asignaturas optativas en 7º u 8º semestre 3 horas teóricas <b>Perspectiva Geometría III</b>	

Tabla 3. Fuente: *Biblioteca Lino Picaseño de la Facultad de Arquitectura. Planes de Estudio. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018.* Tabla: J. E. Ramírez A.

6 Planes de Estudio de 1992 a 2017 (duración de 25 años)

Curso	1992	1999	2017
	Área de Proyecto Sub área Teoría y práctica de Matemáticas y Geometría Análisis geométrico de edificios	Área de Proyecto Etapa de formación	Área de conocimiento Proyecto
<b>1º año Primer Nivel</b>	<b>Geometría I</b>	<b>Geometría I</b> Integrada en el Taller de Arquitectura II Básica de segundo semestre	<b>Geometría I</b> Primer semestre <hr/> 1 hora teoría 1 hora práctica
	1 hora teoría 2 horas práctica	El número de horas son totales para el Taller dedicadas a la semana (teóricas y prácticas) no están definidas cuantas para la asignatura	<b>Geometría II</b> Segundo semestre <hr/> 1 hora teoría 1 hora práctica
<b>2º año Segundo Nivel</b>	<b>Geometría II</b>	<b>Geometría II</b> Integrada en el Taller de Arquitectura III Desarrollo de tercer semestre	<b>Geometría III</b> Tercer semestre
	1 hora teoría 2 horas práctica	El número de horas son totales para el Taller dedicadas a la semana (teóricas y prácticas) no están definidas para la asignatura	1 hora teoría 1 hora práctica
<b>5º Nivel</b>	<b>Estereotomía</b>	<b>Geometría III</b> Integrada en el Taller de Arquitectura IV Desarrollo de cuarto semestre	Etapa de Formación Consolidación y Síntesis
	Curso selectivo de 3 horas prácticas <b>Perspectiva Modular</b> Está en el área de Representación Gráfica	El número de horas son totales para el Taller dedicadas a la semana (teóricas y prácticas) no están definidas para la asignatura	Optativas a partir del sexto y hasta el décimo semestre <b>Geometría con modelo virtual</b> <b>Geometría Diferencial</b> <b>Geometría Solar</b> 2 horas a la semana

Tabla 4. Fuente: *Biblioteca Lino Picaso de la Facultad de Arquitectura. Planes de Estudio. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018.* Tabla: J. E. Ramírez A.

Si bien a nivel general existen diferencias radicales entre los planes analizados, los primeros años presentan estructuras similares: se estudian asignaturas independientes y el área de proyectos cada vez está presente; la asignatura de Geometría está orientada a las ciencias, las matemáticas, y en algunos casos a la representación gráfica.

En un primer acercamiento parece quedar en evidencia que el debate sobre la educación en arquitectura y los elementos diferenciadores entre las distintas asignaturas, suelen encontrarse en los primeros años de estudios. El común denominador es un primer año estructurado en torno a una introducción al taller de Arquitectura o de Proyectos, y una formación básica en técnica llamada Geometría y herramientas gráficas.

Para entrar en detalle sobre la información vertida, se elaboraron tablas en las que se especifica, gráficamente en línea directa el impacto relativo de cada área de conocimiento en los distintos planes estudiados. El área de proyecto predomina, como se ve, al presentar un 30% de la carga en todas las universidades, excepto en España. El área técnica muestra un promedio de 13%. La historia y la teoría cuentan en primer año con un promedio del 16% y los medios de representación con un 15%, aunque tienen mayor

presencia en las universidades españolas. Los planes en la UNAM incluyen selectivas u optativas en los últimos semestres.

Así, los planes que poseen menos carga en Geometría y técnica la compensan en el área de medios computacionales e historia y teoría, así como en asignaturas dirigidas a la sustentabilidad. Por otro lado, aunque las tablas corren en paralelo existe un punto de coincidencia en el área de Expresión Gráfica entre la española y la nuestra. Las diferencias entre los programas españoles y el ámbito general mexicano son drásticas, lo cual corrobora una de las condiciones iniciales de la presente investigación.

Tras revisar los anteriores planes de estudios se vislumbran varias observaciones traducidas a preocupaciones:

A partir del primer Plan 1847-56

- Existe una asignatura de Geometría (No Descriptiva) en el primer año.
- La Geometría Descriptiva como tal se imparte hasta el tercer año.
- La Estereotomía también se imparte hasta el cuarto año.
- No se encuentra las horas de impartición.

Durante el Plan 1857-67

- Desaparece la asignatura de Geometría del Plan anterior.
- La Geometría Descriptiva se mantiene enseñada en el tercer año (se supone teoría) y hasta el cuarto año se aplica (se supone práctica) Aplicaciones de Geometría Descriptiva es el nombre de la asignatura que sustituye a la Estereotomía.
- Duración de 2 horas diarias.

Durante el Plan 1902

- La Geometría Descriptiva su enseñanza se traslada al primer año.
- En el segundo año reaparece la Estereotomía, enseñada conjuntamente con Trazado de sombras y Perspectiva.
- No se encuentra las horas de impartición.

Durante el Plan 1922

- La Geometría Descriptiva continúa enseñándose en primer año.
- Desaparece el Trazado de sombras como título de asignatura.
- En el segundo año continua la Estereotomía, enseñada conjuntamente solamente con Perspectiva.
- No se encuentra las horas de impartición.

Durante los Planes 1928-31

- La Geometría Descriptiva continúa enseñándose en primer año conjuntamente con el Trazado de sombras, reaparece pero es trasladada a la Geometría Descriptiva.
- En el segundo año continua la Estereotomía, enseñada conjuntamente con Perspectiva.
- No se encuentra las horas de impartición.

Hay que considerar que hasta aquí no existe ningún área o campo de conocimiento, por lo que quizá la Geometría Descriptiva sea un campo de conocimiento independiente.

#### Durante el Plan 1938-39

- La Geometría Descriptiva continúa enseñándose en primer año y se vuelve a incluir la enseñanza de la Perspectiva y el Trazado de sombras permanece conjuntamente con aquella.
- En el segundo año continua la enseñanza de la Estereotomía y se le anexa el Diseño de elementos, trasladando la Perspectiva a la Geometría Descriptiva del primer año.
- Las horas dedicadas a este ciclo es de 11.5 horas en el plan 38 y aumentan dos horas para el plan 39. No se indica cuantas horas están destinadas a la Geometría Descriptiva.
- Se ubica en el ciclo de Matemáticas y Edificación. (Todavía no está considerada como representación gráfica o parte del proyecto).

#### Durante el Plan 1955-64

- La Geometría Descriptiva continúa enseñándose en primer año y se vuelve a separar la enseñanza de la Perspectiva y el Trazado de sombras de aquella.
- En el segundo año continua la Estereotomía y se le anexa una vez más la Perspectiva.
- La Geometría Descriptiva como en el Plan 1857 se aplica hasta el segundo año. Descriptiva aplicada es el nombre de la asignatura.
- No se encuentra las horas de impartición.
- No vuelve a existir ningún área o campo de conocimiento.

#### Durante el Plan 1967

- A partir de este Plan la denominación se suprime solamente a “Geometría” eliminando el término de Descriptiva.
- Se imparte ahora en tres semestres, enseñándose en primer semestre, segundo y tercero. Esto implica que aunque aumenta el número de cursos aparentemente, la realidad es que de dos años de enseñanza se reduce a uno y medio.
- Desaparece la enseñanza de la Estereotomía después de 120 años de enseñanza y la Perspectiva como el trazado de sombras desaparecen como título de asignatura, sin embargo, se supone estará incluida como contenido temático dentro de las “Geometrías”.
- No se encuentra las horas de impartición.
- La “Geometría” ahora se inserta en el Área de Tecnología.

#### Durante el Plan 1976-78

- Se imparte ahora en dos semestres, enseñándose en primer semestre Geometría I y Geometría II en segundo, se elimina su enseñanza del tercero. Esto tiene como consecuencia que el número de cursos y horas destinadas a la enseñanza de la Geometría sigue disminuyendo, de dos años de enseñanza se reduce a uno.
- No se encuentra las horas de impartición.
- La “Geometría” ahora se traslada del Área de Tecnología al área Creativa.

#### Durante el Plan 1979-81

- Continúa impartándose en dos semestres, enseñándose en primer semestre Geometría I y Geometría II en segundo.
- Las horas de impartición son 2 horas teóricas 2 horas prácticas a la semana en ambos semestres.
- El Área Creativa cambia de nombre a Área de Diseño Arquitectónico, Sub Área de Geometría.
- Se genera en la Etapa Integral del Plan la Sub Área de Geometría-Dibujo impartir en el 6º semestre la asignatura optativa de Estereotomía que después de 14 de haberla eliminado del Plan de estudios se vuelve a incluir con 2 horas teóricas 2 horas prácticas a la semana.
- Así mismo se incluyen las asignaturas optativas de Perspectiva y Geometría III en 7º u 8º semestre con 3 horas teóricas, aquí la pregunta es porqué y en qué momento desaparece la enseñanza de la Perspectiva cuando se suponía estaba inserta dentro de la enseñanza de la Geometría. Y porque hacerla optativa si se consideró obligatoria durante mucho tiempo, lo mismo sucede con el curso de Geometría III al considerarlo optativo.

#### Durante el Plan 1992

- En este Plan se regresa a impartir Geometría I en un año (primer nivel) en el primer año y Geometría II (segundo nivel) en el segundo año.
- Las horas de impartición son 1 hora teórica 2 horas prácticas a la semana en ambos años o niveles. Se disminuye una hora teórica, pero aumentan las horas por ser anual.
- El Área de Diseño Arquitectónico cambia de nombre a Área de Proyecto y la Sub Área de Geometría cambia de nombre a Sub Área Teoría y práctica de Matemáticas y Geometría Análisis geométrico de edificios.
- Se continúa impartiendo la asignatura de Estereotomía en el 5º nivel con 3 horas prácticas a la semana. Con respecto al Plan anterior se eliminan las 2 horas teóricas, aunque se aumenta 1 hora a la práctica el total se reduce de 4 a 3 horas de enseñanza exclusivamente práctica.
- Así mismo se imparte la asignatura de Perspectiva Modular en el Área de Representación Gráfica y Geometría III desaparece al igual que la Perspectiva al menos en ésta Área.

#### Durante el Plan 1999

- En este Plan la enseñanza de la Geometría se integra al Taller de Arquitectura en la etapa de formación básica, dependiendo de este y deja de ser una asignatura independiente.
- Geometría I se integra al Taller de Arquitectura II en la etapa de formación básica hasta el segundo semestre. Ya no en el primero como se venía impartiendo.
- Geometría II se integra al Taller de Arquitectura III en la etapa de formación básica en el tercer semestre.
- Geometría III se integra al Taller de Arquitectura IV en la etapa de formación básica en el cuarto semestre.
- Se regresa al Plan semestral.
- El número de horas son totales para el Taller dedicadas a la semana (teóricas y prácticas) no están definidas cuantas para la asignatura.
- Se mantiene en el Área de Proyecto y desaparece la Sub Área Teoría y práctica de Matemáticas y Geometría Análisis geométrico de edificios y se conforma el Plan por etapas, y es la correspondiente a la de Formación donde se inserta la enseñanza de la Geometría.
- Y en definitiva la asignatura de Estereotomía deja de impartirse, desaparece de la enseñanza de la arquitectura definitivamente.
- Así mismo la asignatura de Perspectiva desaparece como asignatura independiente, reduciéndola al contenido temático de la Geometría hasta el cuarto semestre, de igual manera al trazo de sombras.

#### Para el Plan 2017

- En este Plan la enseñanza de la Geometría se desintegra del Taller de Arquitectura, volviendo a ser una asignatura independiente
- Geometría I vuelve a impartirse en el primer semestre.
- Geometría II en el segundo semestre.
- Geometría III en el tercer semestre.
- El número de horas son 1 para teoría y 1 para práctica, reduciéndose a dos horas por semana. La enseñanza sigue disminuyendo.
- Se mantiene en el Área de Proyecto.
- En la Etapa de Formación (Consolidación y Síntesis) se ofertan asignaturas optativas a partir del sexto y hasta el décimo semestre como lo son Geometría con modelo virtual, Geometría Diferencial, Geometría Solar con dos horas a la semana.

#### 4.1.2.2 Recursos de enseñanza y aprendizaje geométrico

*Lo que oyes lo olvidas, lo que ves lo recuerdas, lo que haces lo aprendes*  
Proverbio chino

...Deseo de medir, calcular, determinar, abatir...de saber, de conocer...en Verdadera Forma y Magnitud.

Es una semblanza a los problemas que el conocimiento de la Geometría plantea, quizá porque la Geometría, siendo a la vez forma del pensamiento y pensamiento de la forma se propone abordar detenidamente el problema de la definición del término como método epistemológico en el último sentido del conocimiento filosófico no tanto para resolver incógnitas sino para destacar personas destacadas en este campo.

¿Cuál es el criterio que nos dice, en el caso concreto, si un conocimiento es o no verdadero? El santo de Hipona desarrolla a lo largo de su obra, al conocimiento como el movimiento de la vida, número y medida; para concluir que la imitación no es un arte ni una manera de razonar, porque el animal imita sin razón y todo arte tiene razón, conocimiento de reglas y principios de la esencia universal, en ese sentido “la Geometría está en el origen de la vida, que es lo más inventivo e interminable que conocemos..., me parece central porque es la medida de la materia. Medir es un modo de explorar, y se explora para tratar de conocer lo desconocido”.<sup>143</sup>

Diversas son las actividades que realizan los discentes que están aprendiendo Geometría. Esta tiene las propias. En el caso particular de la Geometría podemos distinguir entre actividades y recursos. Un recurso didáctico es un material físico, real y tangible, sobre el que se plantea una actividad geométrica de análisis. Dada la diversidad de materiales disponibles actualmente, la diferencia entre actividad y recurso puede no estar muy delimitada.

Para la propuesta didáctica se considerarán los tipos generales de acción que suelen plantearse al discente: actividades, comentarios y problemas.

1. **Actividades:** Suelen ser de carácter reproductivo, de enunciado muy breve y que acostumbra a reducir a un imperativo.  
Por ejemplo: “Resolver el giro, o abatimiento”, “Calcular el área en verdadera magnitud”, “Simplificar los pasos para un cambio de plano”...No hay margen para la creatividad y realizar bien la actividad significa aplicar y desarrollar adecuadamente una o varias técnicas aprendidas ex profeso.
2. **Comentarios:** Se trata de hacer descripciones de figuras y objetos geométricos, textos, videos u otros elementos desde una perspectiva geométrica que pueden ser más o menos profundas. Las meras descripciones se basan en la percepción visual; las más profundas, se adentran en el análisis de las relaciones entre los elementos observados, lo que deberá llevar a la elaboración de conclusiones y al planteamiento de preguntas y problemas. Este tipo de acción es mucho más abierta que una actividad y supone conectar ideas geométricas de diferentes ámbitos e incluso ideas de diferentes áreas de la misma Geometría. Así ocurre al comentar geoméricamente una noticia o información de los medios de comunicación en cuyo contenido aparezcan formas o gráficos.
3. **Problemas:** La resolución de problemas geométricos constituye, o por lo menos se acerca mucho, a la idea de paradigma de actividad geométrica. Un problema es una actividad rica en la que se

---

<sup>143</sup> Bonell, Carmen, *La Geometría y la Vida: Antología de Palazuelo*, 2006, p.85. Palazuelo, “Geometría y visión, *Op. cit.*”, p.24.

plantea alguna pregunta de carácter geométrico sobre un fenómeno. Para responderla pueden darse una serie de datos o puede que haya que buscarlos. Una vez estén disponibles los datos, habrá que relacionarlos, seleccionarlos quizá, y reflexionar sobre qué hacer con ellos para llegar a obtener una solución, una respuesta a la pregunta que deberá ser justificada mediante un razonamiento. La respuesta puede generar más preguntas y nuevos problemas, en este sentido el nuevo Plan de estudios establece que:

*...el proceso constructivo de los conocimientos depende de los factores fundamentales: de los conocimientos previos del alumno, su disposición para aprender y de la forma en que la información y actividades didácticas estén planeadas para propiciar un aprendizaje que pueda ser relacionable con lo que él ya sabe, o bien que signifique retos adecuados...En este sentido, los conocimientos, habilidades y actitudes adquieren nuevos significados, se modifican o fortalecen y surgen otros conceptos.<sup>144</sup>*

Los problemas de aplicación planteados para poner en práctica una determinada estrategia o técnica de resolución no son auténticos problemas y se aproximan más a una actividad reproductiva. Un problema geométrico es una actividad completa en la que pueden intervenir los tres niveles de competencia principales: reproductivo, conectivo y reflexivo.

### **El aprendizaje geométrico se teje y la enseñanza geométrica estimula al ser**

Se ha de considerar muchos y diversos factores de los docentes y discentes que intervienen en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje de la Geometría. Se aprende imitando, de los libros, de la experiencia cotidiana, de las relaciones con otras personas..., también se aprende del estímulo (recompensa), pero sobre manera se aprende por voluntad, adquiriendo una actitud activa ante ello. Lo mismo sucede cuando se enseña, para lo cual aquello que se enseña, lo que se pretende que se aprenda sea útil y signifique algo. He aquí el reto del docente geómetra: **estimular el aprendizaje**.

Si lo que se pretende enseñar no hace falta, -de acuerdo a las opiniones de algunos discentes en torno a la enseñanza de la Geometría- o si su necesidad no se aclara, existe un problema didáctico. La máxima será: haz esto y aprenderás. Pero en una realidad globalizada, en el que la información está al alcance de todos (no así todo el conocimiento), ya no importa tanto su posición como su búsqueda, selección y utilidad. En consecuencia, se tiene que ser competente para ser capaz de resolver los problemas con los recursos casi inagotables de los que se dispone en la actualidad.

La creciente preocupación de los docentes por mejorar sus clases teóricas junto con la revolución en el contenido temático y los métodos generados por las Nuevas Tecnologías de la Información se combinan para ofrecer a los discentes una forma de aprendizaje más atractiva, eficiente y agradable.

Una cuestión importante en la investigación educativa es si la impartición de conocimientos y habilidades también mejora la inteligencia de los discentes. Este aspecto de la transferencia de aprendizaje es difícil de estudiar en el marco de la investigación educativa.

Existe un estudio piloto con discentes de arquitectura, en el que se comparan y analizan los efectos de la Geometría Descriptiva, enseñada convencionalmente y utilizando una herramienta como Ilustrador Dinámico Tridimensional para enseñarla, diseñada para tal fin, sobre la mejora de las capacidades y habilidades espaciales con la visualización de entrenamiento. En relación con trabajos anteriores, la principal contribución de esta investigación es el desarrollo de un visor tridimensional (Diedro-3D) para apoyar el

---

<sup>144</sup> Plan de Estudios de la Licenciatura de Arquitectura 2017, UNAM, Facultad de Arquitectura, p. 6.

proceso de enseñanza, fomentando el aprendizaje autónomo. La aplicación Diedro-3D intenta superar el principal obstáculo al que se enfrenta el discente cuando utiliza un libro de texto de Geometría Descriptiva: **ilustraciones estáticas en 2D de alta complejidad**. Esto se logra proporcionando una serie de pasos de construcción y apoyando un entorno de visualización 3D donde el discente puede cambiar libremente el punto de vista. Es importante señalar que los discentes muestran un alto grado de satisfacción con la experiencia de aprendizaje con Diedro-3D, como confirma el análisis de utilidad.

La enseñanza de la Geometría Descriptiva se imparte antes de la enseñanza del CAD por las siguientes razones:

1. La Geometría Descriptiva tradicional es un método excelente para enseñar y aprender Geometría de proyección y de objetos tridimensionales, y los conceptos y / o procedimientos en Geometría Descriptiva se pueden aplicar para resolver problemas de diseño geométrico mediante el uso de CAD.

2. Incluso en la era del CAD, el dibujo a mano todavía se usa (especialmente para bocetos a mano libre).

3. El dibujo a mano es un método efectivo para desarrollar la capacidad espacial de los discentes.

Sin embargo, con la expansión del CAD, las técnicas de la Geometría Descriptiva para analizar formas de objetos tridimensionales están perdiendo su importante práctica anterior. De modo que se **enfatisa la enseñanza de la teoría detrás de las técnicas**.

En este proyecto de investigación, se aportan características de la enseñanza de la Geometría Descriptiva tradicional y la necesidad o no de pasar de la enseñanza enfocada en técnicas tradicionales a la enseñanza de la teoría de las técnicas digitales detrás de las técnicas tradicionales. Se presentaron brevemente las situaciones actuales de enseñanza de la Geometría Descriptiva y los desafíos que enfrenta, por lo que se discute la necesidad de llevar a cabo el análisis curricular, desde el contenido del curso, métodos de enseñanza y enfoque, forma de evaluación y otros aspectos para aumentar la calidad de la enseñanza.

Por ello, resulta necesario establecer una vez más la reflexión sobre los motivos por los que la importancia didáctica que la Geometría Descriptiva poseía hasta hace unos años en las escuelas de arquitectura ha cambiado radicalmente, en vista de que se tiene entonces que, en el Plan de Estudio actual, lo que se identifica como el área de Proyectos es incluida la Geometría Descriptiva como mero requisito a cumplir, más que una actividad intelectual que compone el currículo.

La Geometría Descriptiva, ha pasado, de ser considerada como área de conocimiento que ocupaba una parte importante en los porcentajes de asignaturas de la carrera a principios de siglo pasado, a disciplina “optativas de elección” para este nuevo siglo.

Para el valor funcional de la Geometría Descriptiva se cita el artículo de Marta Menghini sobre las traducciones del trabajo de Fielder al italiano.

*... en 1874, apareció [un italiano] traducción de un libro alemán. Era un libro de **geometría descriptiva** de Wilhelm Fiedler (1832 - 1912). Aunque fue escrito para las Technische Hochschulen, que son escuelas de nivel universitario en Alemania, la edición italiana fue explícitamente traducida y adaptada para su uso en el nivel secundario, en los Institutos Técnicos del Reino Italiano. Ciertamente, era apropiado tener el libro de Fiedler junto con la "Geometría proyectiva" de Cremona en el curso paralelo de la geometría descriptiva en los Institutos Técnicos. Según Fiedler, el alcance principal de la enseñanza de la geometría descriptiva es la construcción científica y el desarrollo de "Raumanschauung". Fiedler reforzó este punto de vista en un documento traducido y publicado en la 'Giornale di Matematiche'. Fiedler ve una simbiosis completa entre la geometría descriptiva y proyectiva y sostiene que a partir de la proyección central, que corresponde al proceso de visualización, podemos desarrollar la parte fundamental de la geometría proyectiva de una manera natural y completa (Fiedler, 1878). Él se siente apoyado por Pestalozzi, quien argumenta que la*

*enseñanza debe comenzar con la intuición. Fiedler ve estas estrategias como el mejor método para la reforma de la enseñanza de la geometría en todos los niveles. La posición de Fiedler era muy cercana a la de Cremona. Fiedler nunca menciona a Cremona en su artículo, pero en una carta a Cremona, a principios de 1873, elogia su libro y la forma sencilla en que Cremona presenta los temas. Además, solicitando información sobre la educación técnica italiana, agrega: "... mi interés está en esta organización científica y educativa de Italia, en la base de la unidad a través de la escuela para una nueva generación".*

Un problema atávico es el por qué no saber distinguir a la arquitectura en Ciencia o en Arte, en un sentido es una y en otro es la otra y quizá en ocasiones las dos juntas son arquitectura, de aquí parte también el problema de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, considerada como ciencia y no como arte.

El ciencia, esta guiada por la razón y lo artístico por el sentimiento; una tiende a explicar y el otro a emocionar; la labor de la primera consiste en formular lo que es, no lo que siente, mientras que la del segundo consiste en comunicar lo que siente, no lo que es; pero ambas parten de la elección que inspira el sentido científico –consciente- en el científico y el sentido estético –inconsciente- en el artista.

Y este es el punto de partida en que se confunde la creación artística y la creación científica del arquitecto como docente que pretenda impartir la asignatura de Geometría Descriptiva. Quizá por tal razón, el docente de Geometría Descriptiva no encuentra su posición didáctica dentro de la enseñanza de la asignatura, ya que si bien los arquitectos en su formación están más dirigidos hacia lo artístico, lo estético, el diseño como disciplina artística y no científica, de ahí que regularmente la enseñanza de la Geometría Descriptiva sea encargada a los Ingenieros.

Y es en este sentido como sistema didáctico como lo propone J. Baeza que los discentes conozcan la historia de la relación entre la Geometría y la arquitectura, que de acuerdo a la opinión de Carlos Chanfón Olmos:

*...la tecnología actual, aparentemente sin límites, ha empezado a cansar a la humanidad. La promesa científica ilustrada de impulsar a la sociedad a una vida mejor, no se ha logrado. Surge otro enfoque, modesto, analiza al hombre y busca comprender causas y efectos de sus aciertos y errores. Dicho enfoque es encabezado por la historia (ciencias sociales).*

Que adquieran y aumenten la capacidad de pensar en tres dimensiones, controlar científicamente la intención formal del diseño arquitectónico para que los alumnos no se pregunten para qué sirve la Geometría Descriptiva y se sugiere que los docentes de esta asignatura impartan también la asignatura de Diseño Arquitectónico y viceversa, que los docentes de Diseño impartan también la asignatura de Geometría Descriptiva.

Los ismos de la Ciencia son impersonales y escasean quienes recuerdan a sus autores. Pensamos con ideas de Euclides o Platón, sin que acuda a nuestra mente el nombre de alguno de ellos; resolvemos montañas triplanas por los métodos de proyección de Monge sin que pase por nuestra memoria la figura del gran militar francés; apretamos un botón con el dedo y se enciende una computadora sin acordarnos para nada de quien fue Edison y que inventó y salvo algunas excepciones –no muchas- los progresos de la Ciencia caen en el anonimato, mientras que los productos del genio artístico como son las grandes obras arquitectónicas van acompañadas del genitivo de posesión o pertenencia.

*...En toda Investigación; uno de los pasos esenciales es verificar que han hecho los demás en relación al tema que se está estudiando. Precisamente ante la Hipótesis de que no existe organizada una teoría sobre la didáctica y que es posible un sistema metodológico para analizar los problemas de la didáctica general.*

Jesús Aguirre Cárdenas, 1992

## Dificultades comunes de enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva

¿Será cierto que todo ha de repetirse una y otra vez tal y como lo hemos aprendido?

Abraham Lincoln escribió alguna vez lo siguiente:

*...En el transcurso de mi lectura en leyes constantemente me encontraba con la palabra “demostrar”. Pensé que al inicio entendía su significado, pero pronto me convencí de que no era así. Me dije a mi mismo, ¿Qué hago cuando demuestro que no se hace cuando razono o pruebo? ¿En qué sentido la demostración es distinta de cualquier otra prueba?*

*Consulté el diccionario de Webster. Hablaban de prueba “certera”, “prueba más allá de cualquier posibilidad de duda”; pero no podía imaginar qué tipo de prueba sería esa. Pensé que muchas cosas estaban probadas más allá de cualquier posibilidad de duda, sin recurrir a un proceso de razonamiento tan extraordinario como el que entendía que era una demostración.*

*Consulté todos los diccionarios y libros de referencia que pude encontrar, pero sin mejores resultados. Era como si le definieras azul a un hombre ciego.*

*Al final dije –Lincoln nunca podrás ser abogado si no entiendes qué es una demostración; y abandoné mis estudios en Springfield, fui a casa de mi padre y me quedé ahí hasta que pudiera dar cualquier proposición en los seis libros de Euclides a simple vista. Entonces descubrí qué quiere decir “demostrar” y regresé a mi estudio en leyes.*

El interés en la problemática que surge de las actividades propias de la enseñanza, particularmente de la ciencia no es reciente. Desde el siglo XIX, científicos como Ernst Mach, Pierre Duhem, Michael Faraday y Herbert Spencer se preocuparon no sólo por el desarrollo de sus disciplinas, sino también por encontrar la mejor manera de enseñarlas.

¿Se puede pensar que la dificultad está puesta en la relación de los docentes de Geometría Descriptiva con las llamadas “ciencias duras”?

Es cierto, los contenidos temáticos en Geometría Descriptiva deambulan por diferentes espacios curriculares buscando su identidad dentro de la formación básica del discente en arquitectura. La formación en Geometría básica de un docente en nuestro país, es escasa, discontinua y fragmentada, cuando no directamente ausente. Y es notable que se limite una asignatura que da cuenta de un aspecto trascendente de la naturaleza, ya que la mitad de todo paisaje natural se vincula con el horizonte, o la línea de tierra, es decir, con el piso y lo que se encuentra arriba y debajo de esta inapreciable recta.

Durante milenios, quienes pudieron sostener las nociones geométricas, lo hicieron a través del formalismo de los científicos, particularmente la matemática que, son sus fórmulas y ecuaciones.

Así, es posible que aún perdure un imaginario que asocie la Geometría con una matemática siempre lejana al nivel en que trabaja el docente y, por ende, considerada un obstáculo para el tratamiento de los temas específicos. Esta ilusión se asemeja mucho a otra, que vincula la enseñanza de la Geometría con la de la astronomía, -integrada en el "quadrivium", de la música, la aritmética, la Geometría y la astronomía- con un espacio siempre nocturno y, por tanto, ajeno a los horarios escolares, como si durante las horas del día resultase imposible aprender cuestiones vinculadas con los astros y el cielo; esta ilusión es epistemológicamente contradictoria, ya que esta ciencia como la misma Geometría se construyó con largas, pacientes y continuas observaciones diurnas.

Los discentes, se hacen preguntas sobre el “espacio”; sin embargo, desde la formación docente se sigue enseñando que se aprende de lo frontal, de lo lateral y de lo horizontal. Cómo geómetra y docente ¿cómo pensar en qué es lejano o cercano, arriba o abajo, ancho o largo en términos de enseñanza?

Muchas prácticas escolares consideran a los discentes como receptores de los contenidos a enseñar. Sin embargo, sabemos que aprendemos a través de nuestras representaciones (internas y externas). La

idea de *percepción-representación*, según Tignanelli, nos conduce a la noción de que lo que “vemos” es producto de lo que creemos que “está” en la realidad, es decir, en términos de enseñanza, eso significa que el docente estará siempre lidiando con las percepciones de los discentes en un momento dado. El mismo docente es también un perceptor y lo que enseña es fruto de sus percepciones. La comunicación solamente será posible en la medida en que dos perceptores (docente y discente) busquen percibir de forma semejante los contenidos temáticos del currículum. Esto significa, cambiar el paradigma del binomio enseñanza-aprendizaje, esto es, perceptor-receptor por el de aprender enseñando, traducido al de doble perceptor.

En el caso particular del “espacio”, su percepción como algo lejano y en su caso intangible y por ende abstracto es un producto cultural. El espacio tridimensional no es un objeto sino un concepto, el “espacio” es una palabra que da cuenta de ciertas regularidades observadas en nuestro entorno natural.

Que se lo defina como algo tridimensional depende drásticamente del juicio del docente que comanda el aprendizaje. En términos geométricos, quizás no haya “espacio” más cercano que el que vemos y sentimos en primera instancia, a simple vista y, sin embargo, el concepto del mismo como cuerpo “vacío” es uno de los más demorados y complejos de aprender en la formación básica.

Por otra parte, en términos didácticos, la lejanía o cercanía no sólo es una idea espacial sino temporal, un rasgo que frecuentemente no se considera porque culturalmente no se lo jerarquiza, no se percibe algo distante de la misma manera con algo que no es necesariamente simultáneo.

La observación a simple vista cómo hacían los pueblos antiguos y continúan los arquitectos en la actualidad puede llegar a ser el primer paso para planificar un recorrido didáctico ¿pero cómo trabajar una observación que invite al conocimiento?

La observación a simple vista dio origen a la Geometría entre otras disciplinas; no obstante, actualmente ya no se continúa con esa práctica. Vale resaltar que los docentes de Geometría Descriptiva no tenemos laboratorios, no hacemos experimentos, en cambio, tenemos “observatorios”, sitios donde se privilegia la observación.

Sin embargo, hace décadas que la observación geométrica está mediada por instrumentos, cada vez más sofisticados, que alejan la visión directa de la realidad natural a una virtual. La observación geométrica está medida por una tecnología que permite profundizarla, ampliarla y complejizarla.

Una observación que intente generar conocimiento en el otro, es la que se practica con una guía (docente) que le ayude al discente a separar lo que ve de lo que piensa que ve, que colabore a perfeccionar la descripción, que le ayude a creer en lo que percibe en el papel o en la pantalla, más allá que ello sea un recorte aparente de la realidad.

En particular, en la enseñanza de la Geometría Descriptiva es donde aún puede rescatarse el valor de la observación directa, a “ojo pelón”, sin artefactos.

¿Qué se ve en una proyección ortogonal, que el objeto gira alrededor del observador, o el observador gira alrededor del objeto? Se puede decir que el objeto gira en las proyecciones. Pero ¿qué nos han enseñado en la escuela? Pues que el observador está quieto, estático y el objeto gira, se mueve. Pero ¿qué queremos saber, lo que nos han enseñado en la escuela o lo que observamos?

Por una parte, es muy bueno que muchas preguntas de los discentes coincidan con las del docente, porque esto brinda la oportunidad, quizás única, de que se construya conocimiento en conjunto.

Es decir, nosotros proponemos en nuestros seminarios aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas. La interacción social es indispensable para que se concrete un episodio de enseñanza. Compartir significados es consecuencia de la negociación de significados entre discente y docente.

Esa negociación implica un intercambio permanente de preguntas en lugar de respuestas. Las definiciones, las preguntas y las metáforas son tres de los más potentes elementos con los cuales el lenguaje humano construye una visión de la realidad, y que ha de ser empleado como lenguaje geométrico para la enseñanza de la Geometría Descriptiva.

En particular, las preguntas son instrumentos de percepción. La naturaleza de una pregunta, su forma y sus suposiciones, determinan la naturaleza de la respuesta.

En su texto *La ciencia como narrativa y su enseñanza*, Jorge Molina Avilés, afirma que en la enseñanza de la ciencia se sigue partiendo de supuestos decimonónicos. Y, básicamente, los docentes aprendemos esos supuestos como leyes y teorías y se las enseñamos a nuestros discentes. Esto quizá esté relacionado con el hecho de que las materias científicas siguen siendo las que los discentes reprueban y rechazan más, las que reportan como menos comprendidas y las que les hacen menos sentido.

Esta es la razón principal de que los discentes de arquitectura no le encuentren sentido o aplicación para aprender Geometría Descriptiva en la escuela. Por tanto, para J. Molina, enseñar la ciencia – Geometría Descriptiva en este caso- de manera que le haga sentido al discente, significa que los docentes aceptemos el hecho que la enseñanza situada implica adoptar una posición narrativa que considere los factores culturales para darle sentido al que aprende. Por tanto, una narración puede mostrar razones, no necesariamente “verdaderas” sino creíbles, es decir, comprensibles.

La Geometría, igual que cada ciencia, procura, sobre todo, establecer las propiedades de las cosas que investiga: cuales son las propiedades de la Geometría, cuales las de su arte o enseñanza, cómo la Geometría afecta al estudiante de arquitectura, cómo nace y cómo se desarrolla. Pero trata también de explicar estas otras propiedades: por qué la Geometría afecta de cierta manera, por qué surgió la Geometría y por qué tiene esa enseñanza y no otras.

### **Evaluación y valoraciones que extiendan el aprendizaje geométrico**

Asimismo, la visión educativa del Plan de Estudios 2017 está basado en el constructivismo, enfoque educativo que emana distintas propuestas, principalmente de los teóricos padres del constructivismo: Jean Piaget (1896-1980) que se centra como el individuo, especialmente en la infancia, desarrolla su inteligencia y Lev Vygotsky (1896-1934) en cambio, considera ese desarrollo inseparable del aspecto social, pues dice, nadie aprende solo y, de una forma u otra, los demás intervienen en el aprendizaje.

Nacemos en el seno de una familia en una determinada cultura, de la que aprendemos un instrumento cultural fundamental como es el lenguaje, que no está implícito en nuestros genes. Por tanto, los demás juegan un papel crucial en nuestro aprendizaje.

Se considera que a lo largo de la historia la Geometría ha producido un cuerpo de conocimientos extraordinario, cuyos principios sustentan definiciones y axiomas lógicos mediante los cuales pueden deducirse teoremas, nuevos resultados que no hacen sino agrandar ese cuerpo de conocimientos. Esas definiciones y axiomas son elementales, racionales, coherentes y sobre todo universales, y que todo estudiante de arquitectura ha de utilizar para pensar y, como consecuencia, desarrollar su conocimiento geométrico para diseñar.

Con esas premisas, lo más racional y acorde con la estructura de conocimientos geométricos sería plantear una enseñanza de la Geometría que partiese de esas definiciones y axiomas, y que fuese desarrollando proposiciones, teoremas y corolarios al modo del texto *Elementos* de Euclides, sólo que en un ám-

bito moderno como el del siglo XXI y generar de este modo las bases de la que podría denominarse *Geometría moderna o nueva Geometría*.

De acuerdo y retomando las doce competencias básicas del ámbito matemático en particular<sup>145</sup>, si pudieran aplicarse al ámbito geométrico también, dado que la Geometría es una rama de las matemáticas y su razonamiento semejante, éstas serían las siguientes:

### Competencias Geométricas

1. Traducir un problema a lenguaje geométrico o a una representación geométrica utilizando variables, símbolos, diagramas o modelos apropiados.
2. Usar conceptos, herramientas y estrategias geométricas para resolver problemas.
3. Mantener una actitud investigadora ante un problema probando estrategias diversas.
4. Generar preguntas de tipo geométrico y plantear problemas.
5. Construir, expresar contrastar argumentaciones para justificar y validar las afirmaciones que se hacen en Geometría.
6. Utilizar el razonamiento geométrico en entornos no geométricos.
7. Usar las relaciones que existen entre partes diversas de la Geometría para analizar situaciones y para razonar.
8. Identificar las Geometrías implicadas en situaciones cercanas y académicas y buscar situaciones que se puedan relacionar con ideas geométricas concretas.
9. Representar un concepto o relación geométrica de diversas maneras y usar el cambio de representación como estrategia de trabajo geométrico.
10. Expresar ideas geométricas con claridad y precisión y comprender las de los demás.
11. Usar la comunicación y el trabajo colaborativo para compartir y construir conocimiento a partir de ideas geométricas.
12. Seleccionar y usar tecnologías diversas para gestionar y mostrar información, visualizar y estructurar ideas o procesos geométricos.

Estas 12 competencias se distribuyen en 4 dimensiones según muestra la siguiente tabla:

Competencias	Dimensión
1, 2, 3 y 4	Resolución de problemas
5 y 6	Razonamiento y prueba
7 y 8	Conexiones
9, 10, 11 y 12	Comunicación y representación

Tabla: J. E. Ramírez A.

Obviamente, estas competencias destacan aspectos menos valorados en el ámbito geométrico de sistemas educativos precedentes, como lo son las conexiones y la comunicación.

El verbo más utilizado en la descripción de las doce competencias es “usar” o sus sinónimos (1, 2, 6, 7, 9 11 y 12) en siete de las doce y en todas las dimensiones, lo que significa que según la taxonomía de Bloom, las competencias están dirigidas más al nivel cognoscitivo de la aplicación, es decir, en el hacer y no tanto al nivel Evaluativo, y si también muchas de las competencias no están en ningún nivel cognoscitivo, lo que apunta a que están mal planteados los objetivos. Merece la pena observar también algunos aspectos, como son las analogías (conexiones dentro y fuera de la Geometría), la investigación y su causa:

<sup>145</sup> Alberti, Miguel, *¿Fáciles o difíciles? Aprender y enseñar matemáticas*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U., España, 2014, p. 59-60.

la generación de preguntas y el planteamiento de problemas. En una enseñanza por competencias esto es sin duda más valioso que la precisión de un resultado, pues eso todavía no pueden hacerlo las computadoras.

Las doce competencias particulares del ámbito geométrico se podrían determinar en el currículo de la asignatura de Geometría Descriptiva dentro del Plan de Estudio, que consta de contenidos temáticos, criterios de evaluación y estándares evaluables.

Los contenidos temáticos no han cambiado sustancialmente demasiado, salvo en un par de aspectos. El primero es la pérdida de peso de la Geometría métrica o plana de carácter sintético. Los discentes ven las aplicaciones de esa Geometría en asignaturas en las que se trabaja el dibujo técnico en CAD, pero no estudian los porqués de los teoremas que aplican. Los discentes se supone saben construir figuras geométricas diversas, pero no justifican razonablemente, paso a paso, por qué esto es así. Hacerlo supondría conocer o saber demostrar esos teoremas.

LOS DOCE COMPETENCIAS GEOMETRICAS SEGÚN LA TAXONOMÍA DE BLOOM		
Competencia	Verbos	Nivel cognitivo
1	Traducir*	<b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras. <b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
	Representar	No existe en ningún nivel.
	Utilizar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
2	Usar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
	Resolver*	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación. <b>5. Síntesis</b> Juntar o unir, partes o fragmentos de conocimiento para tomar un todo y construir relaciones para situaciones nuevas.
3	Mantener	No existe en ningún nivel.
	Probar	<b>6. Evaluación</b> Hacer juicios en base a criterios dados.
4	Generar	No existen en ningún nivel.
	Plantear	
5	Construir*	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación. <b>5. Síntesis</b> Juntar o unir, partes o fragmentos de conocimiento para tomar un todo y construir relaciones para situaciones nuevas.
	Expresar	<b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras.
	Contrastar*	<b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras. <b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación. <b>4. Análisis</b> Dividir el conocimiento en partes y mostrar relaciones entre ellas.
6	Utilizar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
7	Usar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
	Analizar	<b>4. Análisis</b> Dividir el conocimiento en partes y mostrar relaciones entre ellas.

8	Identificar *	<b>1. Conocimiento</b> Recordar información. <b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras.
	Buscar	No existe en ningún nivel.
9	Representar	No existe en ningún nivel.
	Usar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
10	Expresar	<b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras.
	Comprender	No existe en ningún nivel, pero por analogía puede corresponder al nivel 2. <b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras.
11	Usar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
	Compartir	No existe en ningún nivel.
	Construir*	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación. <b>5. Síntesis</b> Juntar o unir, partes o fragmentos de conocimiento para tomar un todo y construir relaciones para situaciones nuevas.
12	Seleccionar*	<b>1. Conocimiento</b> Recordar información. <b>2. Comprensión</b> Interpretar información poniéndola en sus propias palabras. <b>6. Evaluación</b> Hacer juicios en base a criterios dados.
	Usar	<b>3. Aplicación</b> Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación.
	Gestionar	<b>5. Síntesis</b> Juntar o unir, partes o fragmentos de conocimiento para tomar un todo y construir relaciones para situaciones nuevas.
	Mostrar	<b>1. Conocimiento</b> Recordar información.
	Visualizar	No existe en ningún nivel.
	Estructurar	No existe en ningún nivel.

\*Verbos que se pueden aplicar en otros niveles cognoscitivos. Tabla: J. E. Ramírez A.

Esto no quiere decir que los discentes deban aprenderse las demostraciones ni que deban conocerlas, pero el docente ha de procurar trabajar las competencias de: 3. Mantener una actitud investigadora ante un problema probando estrategias diversas y la 4. Generar preguntas de tipo geométrico y plantear problemas para que los discentes comprendan la necesidad de la demostración en Geometría. No es necesario que las demostraciones sean formales, pero las justificaciones si deben ser contundentes.

Una vez expuesto lo anterior, es decir, puesto en marcha todo el proceso de competencias, se plantea la siguiente pregunta, ¿cómo se debe evaluar la competencia de un estudiante en Geometría? Evaluar significa ver qué grado competente ha adquirido, y no puede evaluarse en un sistema diferente con las mismas herramientas de un sistema distinto. La herramienta primordial de evaluación siguen siendo varios exámenes individuales ya sea escrito o práctico en el caso de la Geometría. Pero ahora los docentes nos enfrentamos a situaciones de enseñanza y aprendizaje distintas, que además de la resolución de problemas y actividades, incluyen el trabajo en grupo, la expresión y comunicación de ideas geométricas, la crítica de otras formuladas por otros discentes y el manejo de nuevas tecnologías computacionales inexistentes hace tan sólo diez o veinte años.

La herramienta de evaluación de las competencias es lo que se denomina *rúbrica*. No es un instrumento de evaluación que deba estar cuantificado, sino más bien descriptivo del nivel de competencia alcanzado por el discente en la tarea correspondiente. Como consecuencia, el docente estará más conscien-

te de qué es lo que demanda a su discente. De esta manera, actividad tras actividad, problema tras problema, el alumno se convierte, junto con el docente, en depositario del proceso de evaluación continua, algo que en el sistema tradicional únicamente desempeñaba el docente.

Se ilustra la que consistiría en una probable rúbrica evaluando la solución de un problema geométrico.

**Problema 30. Secciones Planas**

*Representar un cubo de vértices ABCDEFGH, situado en el primer cuadrante, con la cara ABCD contenida en el plano en posición horizontal de proyección, teniendo en cuenta que los vértices EFGH son los opuestos a los ABCD, respectivamente, ordenados en ambas caras paralelas en el sentido de las agujas del reloj. Se pide:*

*1. Hallar la sección que produce en este sólido un plano secante perpendicular a la diagonal BH del cubo, a la que corta en su punto medio.*

*2. Determinar la verdadera forma y magnitud del plano de esta sección.*

*Datos: arista del cubo 60 mm. A (16,10,0) y B (74,y,0).*

*Formato A4 vertical. Línea de tierra y origen centrados. Medidas en mm.*

La rúbrica para evaluar la solución de cualquier problema como el anterior, contemplaría entre tres y seis niveles de competencia, aunque quizás el idóneo serían cuatro para clarificar más la evaluación. Una posible rúbrica de cuatro niveles para el problema planteado sería la siguiente:

RÚBRICA PROBLEMA GEOMÉTRICO	NIVEL 0	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
<b>A. Interpretación lectora</b>	No hay indicios de comprensión del enunciado	Muestra comprensión del enunciado con esquema geométrico, figura, trazo u otro recurso que incluye los datos relevantes para resolverlo	El esquema geométrico, figura o trazos destacan los datos relevantes para la resolución y las relaciones entre ellos	El esquema geométrico, figura o destacado de datos incorpora únicamente los relevantes para la resolución y sus relaciones
<b>B. Metodología o procedimiento</b>	Metodología incorrecta o ausencia de ella	Técnica incorrecta, pero cercana a la correcta	Procedimiento adecuado, pero cuyo carácter geométrico no acaba de ser explícito	Metodología geométrica claramente explícita y aplicada
<b>C. Desarrollo</b>	No realiza desarrollo alguno o los que efectúa no conducen a ninguna solución	Efectúa los trazos de su desarrollo cometiendo errores	Aplica el desarrollo correctamente, pero sin concluirlo	Concluye la aplicación del desarrollo
<b>D. Tratamiento de la solución</b>	No alcanza solución alguna o la que ofrece es arbitraria o alejada de la realidad	Ofrece la solución correcta, pero sin los datos pedidos ni el concepto que la define	Da la solución correcta y la expresa con los datos pedidos y el concepto adecuado	Además de dar la solución correcta con los puntos que se piden y el concepto pertinente, la contrasta

Tabla: J. E. Ramírez A.

Muchos problemas requieren de un dibujo o esquema geométrico para su representación o solución. A menudo los discentes aplican dibujos inapropiados a las representaciones figurativas que llevan a cabo de situaciones más o menos reales.

En una ocasión se le preguntó a Horacio Tignanelli, que opinión tenía al respecto de que muchas veces los docentes consideramos que la escuela ha de tener las respuestas “cerradas”; cuando la ciencia trabaja desde lo provisorio. Por tanto, esto provoca que sea preferible no entrar en terrenos de incertidumbre antes que equivocarnos.

A lo que él respondió:

*Toda la ciencia es incierta. Cuando algo es certero, no es científico. Lo cual, no significa que los saberes son absurdos o errados, tan solo, como usted ha dicho, provisorio. [...] Es cierto que en muchas escuelas se da la idea de que el conocimiento es correcto (definitivo) cuando, en realidad es provisional, es decir, errado; de la misma manera, se construye una escuela de profesores contadores de verdades y los libros están llenos de verdades.*

*El conocimiento científico es limitado y se construye a través de la superación del error. El auténtico “método científico” tiene un único paso: la corrección sistemática del error.*

*Así, el conocimiento individual se construye superando errores. Es bastante común que en la escuela se sancione el error y se busque promover el aprendizaje de hechos, leyes, conceptos, teorías, como verdades duraderas.*

*En otras palabras, la escuela ignora el error como el mecanismo por excelencia, para construir conocimiento. Ocuparse de los errores de quienes piensan haber descubierto hechos importantes y verdades duraderas es pérdida de tiempo.*

*Por esta razón, proponemos una nueva visión: los profesores como detectores de errores, intentando ayudar a sus alumnos a reducir errores en sus conocimientos y habilidades.*

Lo anterior, ubica al docente en un compromiso inherente como formador y educador, pero no podemos más que intentar una visualización hipotética de lo que constituye sus procedimientos para tomar la decisión de aceptar los errores de lo aprendido. **No es fácil resistir la tentación de afirmar poder ayudar a los estudiantes a sancionar el error en una disciplina donde lo que prevalece es la exactitud del trazo, sin que exista margen de error.**

#### **4.1.2.3 Aspectos que apoyan importancia de la enseñanza tradicional en el proceso de aprendizaje de la Geometría Descriptiva**

La función que la Geometría Descriptiva ha desempeñado en los centros de enseñanza de arquitectura, quizá no ha sido del todo comprendida. Expuesto el objeto de estudio en distintos momentos históricos, la enseñanza de la Geometría parece haber perdido hoy la importancia y preeminencia, es decir, ese privilegio, preponderancia y preferencia que tuvo durante siglos desde la demostrativa primitiva hasta el ámbito escolar como documento de registro, de análisis geométrico, de directriz en la composición arquitectónica, como lenguaje-discurso de la propia arquitectura- o como instrumento de representación gráfica.

Analizar la situación que la Geometría Descriptiva, como asignatura, disciplina o actividad, mantiene con relación en la didáctica actual de la arquitectura, así como reflexionar sobre la percepción que hoy se tiene de las actividades manuales activas –como es la enseñanza tradicional a través de sus instrumentos que le dieron origen-; quizá nos permita establecer si ello genera algunas diferencias en los procesos de aprendizaje del discente y ponderar si los resultados a futuro son o no afectados por la desincorporación progresiva del significado de **saber hacer usando la Geometría**, como lo es y ha sido el dibujar, en el proceso del diseño.

Los sistemas de enseñanza que dictaban las Academias de Arte francesas y posteriormente las mexicanas se basaban en la Geometría Descriptiva y la Estereotomía como *técnica didáctica*. Aunque, por lo que fue posible analizar en los distintos planes de estudio, con el tiempo los objetos pedagógicos fueron cambiando hacía la copia más que al análisis de los contenidos temáticos.

La visión tópica de las universidades identifica el vocablo *Geometría* con referentes antitéticos de lo moderno (enseñanza por computadora). Además, sí agregamos la enorme “cantidad de retina” y esfuerzo que implican, para los discentes, los excesos dibujísticos a los que son sometidos por los docentes de

Geometría, no resulta difícil entender la identificación de esta asignatura con sesiones de “tortura intelectual”.

Los principios acerca de la potencialidad de la Geometría Descriptiva en el proceso de diseño, que hoy nos parecen innovadores, como es el impacto en el uso de las nuevas tecnologías para tal efecto, es posible observar, al hacer una descripción de los documentos históricos, que su conocimiento y utilización como sinónimo de proyecto o diseño en el campo del arte y la ingeniería, ha coincidido con momentos representativos en la historia de la producción artística y arquitectónica. Por ello, resulta necesario establecer una reflexión sobre los motivos por los que la importancia didáctica que la Geometría poseía hasta hace unos años en las escuelas de arquitectura ha cambiado radicalmente, como lo podemos observar a partir de los siguientes puntos.

- ENA/Planes de estudios  
Se incluía la asignatura de Estereotomía. Las asignaturas identificadas con lo gráfico y el proyecto, van cambiando su contenido temático, acercándose más hacia una actividad con mayor énfasis en la representación digital y técnicas de dibujo en lo específico (renderización).
- Al analizar los documentos que actualmente rigen la propuesta académica de las escuelas objeto de esta investigación, resulta complicado descubrir cuál es la asignatura u objetivo académico donde se desarrolle Geometría.
- Tenemos entonces que, en el actual plan de estudio (2017), lo que se identifica como Proyecto (proceso cognitivo) siguen incluidas las asignaturas de Expresión Gráfica y Geometría en las mismas etapas Básica y de Desarrollo, cuya clasificación supone la actividad como obvia y obligada. Esto ubica a la Geometría como un mero requisito a cumplir, más que una actividad intelectual que compone el currículo. Desde la ubicación dentro del área de conocimiento podemos inferir la dirección y sentido de “evolución” de los contenidos temáticos, se aprecia una tendencia a renombrarlos y adecuarlos a la terminología en boga. Sus contenidos temáticos, de igual manera, son re-elaborados para dar cabida a la actualización académica, dirigida según la circunstancia. No se asigna al vocablo Geometría, la cualificación de modernidad, en contraposición con la de “academicista”, cuestión influida por la autoridad intelectual con que aún goza el movimiento moderno de arquitectura en las escuelas actuales.  
...de representación, parece indicar la condición bajo la que se visualiza la “utilidad” de la Geometría para la arquitectura: una técnica para representar los elementos arquitectónicos, constructivos y estructurales de un diseño. Alguna discusión en el sentido cognitivo de la representación, no se vislumbra.
- La perspectiva aún permanece como “conocimiento cuasi místico” y de “prestigio”, pero no ha escapado a la ferviente postura de desarrollo de las técnicas de perspectiva que respondan a un entramado matematizado, que intente proporcionar una, cada vez más, “exacta representación de la imagen”.
- El crecimiento y la popularidad adquirida hoy por asignaturas de corte económico-financiero, de sistemas informáticos, sistemas ambientales, bioarquitectura, sostenibilidad y de mercadotecnia, por citar ejemplos, resulta inversamente proporcional a las horas asignadas a la Geometría Descriptiva; de hecho la expansión de aquellas dentro del Plan de Estudios de la carrera, ha sido cu-

bierta por los espacios cedidos por las asignaturas relacionadas con las actividades gráficas, incluida la Geometría.

- Hoy es común que, dentro de las escuelas de arquitectura no se cuestione si la Geometría es una asignatura intelectual o un mero acto de representación configural.

### **La teoría del conocimiento geométrico y la lógica de su pensamiento**

*¿Qué lugar ocupa la teoría del conocimiento y la lógica en el conjunto de la Geometría?*

El objeto ideal se presenta como irreal, como meramente pensados. Objetos ideales son, por ejemplo, los sujetos de las matemáticas, los números y las figuras geométricas. Lo singular es que también estos objetos ideales poseen un ser en sí o trascendencia, en sentido epistemológico. Las leyes de los números, las relaciones que existen, por ejemplo, entre los lados y los ángulos de un triángulo, son independientes de nuestro pensamiento subjetivo, en el mismo sentido en que lo son los objetos reales, “todo conocimiento es rectificación de un conocimiento anterior, por poco afinado que éste sea. Incluso la ratificación misma es considerada rectificación”.<sup>146</sup>

En esta lógica el conocimiento y pensamiento geométrico heredado de los griegos es una rectificación del conocimiento común, que puede ser perceptivo, pragmático o empírico, en el cual tanto la rectificación como la aproximación no designan más que la forma de adquisición de nuevos conocimientos. Pero no se dice nada sobre la naturaleza de su contenido geométrico, sino que incorporan las condiciones de la aplicación del conocimiento a la estructura de conocimientos existentes, pero *¿Cuál es el objeto de conocimiento en la Geometría?* Para Irigoyen se trataría de algo constituido a base de cualidades, que interesa constituir las como parámetros en la medida en que se mantengan relaciones ordenadas y ordenantes que encuentran campo total en las relaciones espaciales.

### **Sobre las dos Geometrías**

*¿Es la razón o la experiencia la fuente y base del conocimiento humano?*

Esta es la pregunta del origen del conocimiento, por tanto, ¿De cuál de las dos fuentes de conocimiento saca sus contenidos la Geometría?

También llamada “técnica geométrica”, su origen es la eterna pregunta carente de respuesta:

*¿La Geometría se inicia y desarrolla como necesidad de los oficios o al contrario?*

*¿Surge la Geometría como instrumento, de carácter práctico, ligada a necesidades cotidianas?*

Estos conceptos geométricos surgidos de la observación de la naturaleza, “Geometría natural o de la simple visión” según Luis Moya basándose en la filosofía aristotélica, fueron la base de la abstracción euclidiana. La técnica y lo fenomenológico dan paso a la ciencia, lo místico y esotérico a lo razonado y abstracto, en una etapa dorada etiquetada como clásica, de la que existe documentación y bibliografía abundante que nos exime de mayor comentario<sup>147</sup>. Euclides convierte la observación empírica en reflexión científica y filosófica, sistematizada y codificada hacia el 320 a.C.

En este momento quedaban definidos los elementos de la Geometría básica también llamada de “regla y compás”, aquella que sólo necesita tales instrumentos para su desarrollo: rectas, ángulos, polígonos y círculos, aderezados con ciertos criterios de semejanza, que permitían establecer axiomas y teoremas fundamentales para una ciencia geométrica elemental que resuelve numerosos problemas, entre ellos todos

<sup>146</sup> Irigoyen Castillo, Jaime F., *Op. cit.*, p. 239.

<sup>147</sup> Tannery, P., *La Géométrie Grecque*, Paris, [1887] 1988. Rey, Abel, *La juventud de la Ciencia Griega*. México, 1961.

los posibles en la realidad de la construcción coetánea y futura, cuyos instrumentos de control formal, en la fase de ideación, eran por cierto la regla y el compás, a los que se añadían otros como la escuadra (cartabón) en la fase de ejecución, y se comprende bien este concepto, pues el compás es para hacer circunferencias, la regla es para medir y trazar líneas rectas y el cartabón para realizar ángulos, no había otra manera.<sup>148</sup>

Si desde la más remota antigüedad las técnicas geométricas y de los oficios eran indisolubles, llegados a este tiempo del acto de abrir un capullo de flor, una crisálida o un huevo. Aparición o manifestación súbita de un movimiento social, histórico, político, cultural de la ciencia griega, la técnica deviene en ciencia, lo erudito se disocia de lo profesional, y se puede lanzar la hipótesis de la existencia de dos Geometrías, una teórica y otra práctica, una ciencia y otra instrumento.

La Geometría teórica sigue investigando bajo intereses estrictamente de progreso científico, posiblemente ajena a futuras aplicaciones en otros campos, aunque este proceso investigador no será lineal. La Geometría práctica, la mensurable, la que se aplica en los oficios<sup>149</sup>, designada como *Geometría fabrorum*, tomará en préstamo los conocimientos más básicos de la Geometría teórica, aquellos necesarios y suficientes para resolver, los que se instrumentan con regla y compás, artilugios a su vez propios de los oficios, para establecer un corpus estable de conocimiento que prácticamente no progresará hasta el siglo XV.

*Las necesidades de los oficios, constituyeron el punto de partida de una «técnica geométrica» base de la ciencia geométrica que hoy conocemos. Tal geometría práctica, geometría para los oficios o fabrorum, era la aprendida, usada y desarrollada por los artesanos.*<sup>150</sup>

Así, desde Euclides se plantea el desarrollo en paralelo de dos Geometrías, la teórica y la práctica, científica y *fabrorum*, una descendiente de la otra a la que a su vez potencia desde su generalidad, pero ambas con vida propia y diferenciada en pro de los objetivos. Estos caminos en paralelo volverán a unirse con la modernidad, en la etapa renacentista, cuando el artesano se convierte en científico, el maestro cantero en arquitecto, y desde entonces sólo existirá una Geometría que no se volverá a disociar. Hay dos puntos que se destacan en lo expuesto. Por una parte, al ser objetos de una intuición, los valores geométricos no son propiamente objetos de enseñanza. Esto es, no se accede a ellos por inducción o inferencia o alguna otra operación cognitiva distinta de la percepción inmediata. La manera de acceder a ellos encuentra su vía apropiada en técnicas del mostrar. *Los valores no se enseñan, sólo se muestran.* Esto es, **sólo es posible crear las condiciones en que se produzca la vivencia en que son aprehendidos.** Este es el sentido de la frase de Louis Lavelle la cual advierte que los valores no se conocen hasta que se viven. Del mismo modo en que es imposible transmitir por conceptos la intuición del color azul a alguien que no tiene la capacidad de ver, así lo es transmitir un valor geométrico mediante información, conceptos o inferencias

---

<sup>148</sup> Una escuadra, o un ángulo recto, se traza de una forma exacta con los valores 3–4–5 como lados de un triángulo, fórmula que trasciende a los oficios desde la más remota antigüedad y que posteriormente Pitágoras convertiría en teorema de la geometría teórica. Isidoro, a su vez, ofrece otra receta artesanal, por aproximación, mediante la relación diagonal y lado de un cuadrado de valores 34 y 24 pulgadas, (Isidoro XIX, 18, 1).

<sup>149</sup> Shelby, L. R., *The geometrical knowledge of mediaeval master masons. Speculum* 1972, 47, 3: 395–421.

<sup>150</sup> Ruiz de la Rosa, José Antonio, *Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum. Análisis de documentos*, Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27-29 enero 2005, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEDHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz, 2005.

lógicas. Todo esto puede coadyuvar a que suceda la vivencia en que se aprehende el valor. Pero si esta última falta, todo lo demás sobra. El docente ha de desarrollar técnicas en esta dirección.

Como hemos dicho antes, estamos fundamentalmente de acuerdo con Hintikka en que Kant se inspiró en el método de la Geometría sintética no solo para su filosofía de la Geometría, sino también para la articulación de parte de su sistema epistemológico. Como bien apunta Hintikka, la clave de este método, el cual se remonta a los griegos y está explícito en Euclides, se encuentra en el concepto de construcción. Su aplicación consiste en tratar de producir un resultado mediante la efectuación real de construcciones, y lo que es más importante, que dichas construcciones proceden desde elementos simples a partir de un conjunto fijo de reglas. Como Hintikka dice correctamente, una parte importante de la prueba de un teorema del sistema de Euclides, procede mediante la construcción de la figura enunciada en la primera parte del teorema.

Se ha descrito como se aprende y enseña la Geometría y como ha ido cambiando su enseñanza a lo largo de la historia. Métodos que en la actualidad se consideran geométricos no fueron ni imaginados por los eruditos griegos de la antigüedad. La perspectiva como variable gráfica de la Geometría tal como la conocemos, comenzó a desarrollarse y a producirse desde hace más de seis siglos<sup>151</sup>, mucho tiempo después de que Euclides escribiese *Elementos*, considerado hasta hace pocos siglos como paradigma del conocimiento y método matemático y geométrico.

La Geometría es algo vivo que integra conceptos y métodos nuevos cuyo margen de versatilidad están lo suficientemente controlados. Las demostraciones geométricas mediante la tecnología computacional y particularmente con el uso del CAD eran imposibles hace medio siglo.

Existe una coyuntura entre el diseño y la Geometría debido a que ambas son un medio de producción y la Geometría es uno de esos eslabones de la producción. Se ha de plantear la necesidad de poner las condiciones reales de existencia en el centro de la enseñanza, de recuperar el cariño por el oficio de diseñador a partir de la enseñanza de la Geometría Descriptiva y el interés por la cultura visual y tridimensional. Los diseños de base geométrica son universales, “los constructores siguen las normas geométricas”.<sup>152</sup>

**No es verdad que la Geometría acrecienta la belleza de los diseños. Lo que se pretende destacar es el valor que en todas las culturas (sociedades) se ha dado a los objetos bien diseñados, gracias al rigor de la forma que acostumbra a estar estrechamente relacionada con la Geometría.**

Donde hay cultura hay Geometría. Tan es así que un pueblo o una cultura pueden ser fácilmente identificados mediante las formas geométricas de su arquitectura y en este sentido la simetría constituye un paradigma universal de expresión cultural.

---

<sup>151</sup> Santoyo, García Galiano, J., *Los métodos tradicionales de Perspectiva. En búsqueda de modelos unificadores*, Tesis doctoral, UNAM, Facultad de Arquitectura, 2016, p.8.

<sup>152</sup> Rodríguez Pulido, Alfonso, *El dibujo en la enseñanza de la arquitectura. Las escuelas de arquitectura en México*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica, 1999, p.87.

## Prospectiva de la enseñanza de la Geometría Descriptiva

Ante el futuro de la enseñanza de la Geometría Descriptiva en las escuelas de Arquitectura se adoptan diferentes posiciones que se pueden sintetizar en tres grupos. De acuerdo con Calvo López, algunos docentes parecen entender que:

- El canon de la disciplina es inmutable.
- Determinados contenidos han formado parte de la Geometría Descriptiva desde siempre.
- Cualquier novedad es peligrosa.

Otros, por el contrario, se muestran partidarios de:

- La innovación.
- Pretenden acercar la enseñanza de la disciplina a las necesidades de la profesión del arquitecto.

El guion de disputa de este grupo es el llamado diédrico directo, que algunos juzgan más moderno o novedoso que el llamado diédrico clásico o de Monge. Por último, una tercera tendencia proclama:

- La supresión pura y simple de la disciplina por la Computadora.

Dicen, resuelve todas las cuestiones geométricas que precisa el arquitecto sin emplear el arcaico recurso a la proyección.

En el contexto de este debate, creemos que puede ser interesante ofrecer una vez más el rapidísimo repaso a la formación del canon de la Geometría Descriptiva a lo largo de la Historia, es decir, examinar cuándo, gracias a quién y en función de qué intereses o concepciones culturales entran a formar parte de la disciplina esos saberes que son la “Geometría Descriptiva”.

Resulta tópico afirmar que Gaspar Monge creó o fundó la Geometría Descriptiva, continua Calvo López afirmando, en realidad, la gran mayoría de los conceptos y métodos de la disciplina son muy anteriores a Monge, y al igual que Euclides en su época, lo que hizo el geómetra francés fue reunir estos conocimientos en un cuerpo de doctrina sistemático.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, la doble proyección ortogonal, y quizá la misma idea de proyección ortogonal, son de origen bajomedieval. La práctica integral- recordemos que en esa etapa de la civilización no existía la teoría como la conocemos hoy y es por esa razón que solamente se practicaba por los artesanos (artes vulgares)- de las representaciones en planta o alzado que nos han llegado de la Antigüedad y la Alta Edad Media incluyen únicamente objetos dispuestos en un mismo plano horizontal o vertical y no son, por tanto, proyecciones en sentido estricto.

Después de algunos intentos de representar las plantas y alzados con unas complicadas proyecciones es que, Monge intenta simplificar las prácticas gráficas, redujo a dos proyecciones argumentando que estas bastan solamente para definir unívocamente la situación de un punto en el espacio, en condiciones de fijar previamente la posición de los planos que reciben las proyecciones.

Esto permite medir las distancias del punto a estos planos a partir de la intersección de los planos, denominada línea de tierra, que viene a constituir el verdadero eje del sistema, en todos los sentidos. Incluso en esto, la novedad de la aportación de Monge es relativa. Es cierto que hasta entonces nadie se había preocupado por fijar la posición de los planos de la proyección ortogonal, que quedaban flotantes, como en el diédrico directo. Pero sí era fija la posición del plano del cuadro en la perspectiva lineal, y también lo era la posición del plano geometral, y por tanto la de su intersección, llamada precisamente línea de tierra.

Por otra parte, si el plano geométral recibía este nombre, era porque se podía dibujar sobre él la planta de un objeto en verdadera forma, hacerlo girar alrededor de la línea de tierra y llevarlo al plano del cuadro para mostrar la planta sin deformación.

Aunque parezca extraño a nuestros ojos, la idea de proyectar un objeto sobre dos planos, y hacer girar uno de ellos alrededor de su intersección, denominada línea de tierra, procede en realidad de la perspectiva lineal.

Con esto, Monge conseguía dos resultados. Por una parte, el sistema permitía representar todos los elementos básicos de la Geometría clásica: no sólo los puntos y las rectas, que ya se representaban sin problemas en la doble proyección bajomedieval, sino también los planos. Es decir, el nuevo lenguaje de Monge permite no sólo resolver problemas de Geometría práctica, sino también de Geometría culta. De esta manera, la Geometría Descriptiva podía hacer evidentes los conceptos abstractos de la Geometría Analítica; y al hacerlo, permitía articular la ciencia y la técnica, haciendo derivar el quehacer de los artesanos a científicos aplicados a la resolución de problemas prácticos.

A lo largo del siglo XIX, se va formando el canon de la disciplina casi por sedimentación. **Hacia 1900, casi todo lo que hay que decir sobre la disciplina está dicho**, y el canon de la Geometría se fosiliza; así, lo que algunos docentes entendemos hoy por Geometría Descriptiva responde a los intereses de los geómetras y técnicos de principios del siglo XX. Probablemente Monge, Cousinery, Farish, Noizet, Olivier o De la Gournerie lanzarían ardientes invectivas contra estas posiciones inmovilistas; al fin y al cabo todos ellos introdujeron conocimiento en la disciplina o lo expulsaron de ella según las necesidades de la cultura y la técnica de su tiempo.

En opinión de Calvo López, esto es exactamente lo que haríamos los docentes de Geometría Descriptiva a comienzos del siglo XXI: *preguntarnos qué instrumentos de Geometría Gráfica* – pues no otra cosa quiere decir la expresión del siglo XVIII; Geometría Descriptiva; en aquel momento el primer significado del verbo describir era trazar - *son útiles para los docentes-arquitectos y los discentes del siglo XXI*. Y debemos hacerlo, siempre según su parecer personal, sin quedarnos paralizados por un respeto sacramental hacia el muy ilustrado diédrico de Monge, o el venerable diédrico directo medieval; pero tampoco debemos caer en el extremo opuesto y suponer que hemos de **prescindir de ellos por viejos**. Al fin y al cabo, la invención de la rueda es antiquísima, pero sigue siendo útil para nosotros, porque muchos se han ido preguntado a lo largo de los siglos qué es lo que podemos aprovechar del conjunto de la rueda y el eje, y cómo se puede mejorar el sistema para adaptarlo a nuestras necesidades.<sup>153</sup>

---

<sup>153</sup> Calvo López, José, *Gaspard Monge, la estética de la Ilustración y la enseñanza de la Geometría Descriptiva*, Cartagena, Revista de Expresión Gráfica en la Edificación, p.92.

#### 4.1.3 APRENDER Y ENSEÑAR GEOMETRÍA DESCRIPTIVA ¿FÁCIL O DIFÍCIL?

Hay una frase que suele decirse en el ámbito académico con frecuencia acerca del conocimiento de la Geometría Descriptiva. Esos de los que se dice que: “Quienes no saben diseñar, son los que enseñan Geometría”.

Quien se haya enfrentado a un problema geométrico serio, sabe lo difícil que puede ser dar un simple paso adelante y la frustración que se siente al verse atascado y obligado a rendirse, sin embargo, “en tales situaciones, no es la lógica la que nos libera del atolladero o la confusión. La lógica no es creativa... tampoco tiene explicación para todo.”<sup>154</sup>

Hemos argumentado que contar y medir son las dos actividades geométricas básicas y elementales. De hecho, medir no es más que otra forma de contar. En efecto, todo el ser humano sabe o ha de saber medir, pero para aprender Geometría convendría también conocer lo que supone medir. En el aprendizaje de la Geometría el discente debe experimentar la medida directamente para darse cuenta de qué problemas hay que resolver. *Vivir la medida* para comprender en qué consiste dicha actividad, tal vez por medio de la práctica topográfica y hacerlo con la más geométrica de las magnitudes: la longitud.

Caminar es bueno para aprender Geometría.

En respuesta a la pregunta del apartado, es complicado poder responder a ella, depende de muchas situaciones, pero lo que si podemos considerar es que existen técnicas que podrían apoyar al proceso didáctico de la enseñanza de la Geometría Descriptiva. Una forma directa de llevar la realidad al aula es por medio de la fotografía mediante imágenes, ya sean por medio de videos de fenómenos o situaciones reales más o menos cotidianas. Desde siempre la Geometría ha estado relacionada con la expresión gráfica, entonces es lógico pensar que las imágenes digitales serían un apoyo para explicar ideas, conceptos, teoremas, relaciones, proporciones, dimensiones, etc. Una fotografía es una imagen y a su vez una representación gráfica, pero mucho más que un esbozo, un dibujo o un esquema geométrico para ilustrar una idea.

Utilizar *fotografía geométrica* que ilustre alguna idea geométrica, es una opción para enseñar y aprender Geometría Descriptiva. Por tratarse de imágenes, la mayoría de fotografías geométricas hacen referencia a cuestiones visibles y geométricas. Este es el sentido mediante el cual una imagen puede convertirse en un recurso de enseñanza y aprendizaje geométrico: por un lado, la **Geometría explica el fenómeno**; por otro, la **fotografía nos ayuda a comprender la realidad**. Ambos aspectos para la competencia geométrica. Sin duda enseñar haciendo o presentando imágenes, como se viene realizando en algunos lugares con algún título como el de *paseos matemáticos o geométricos* por alguna ciudad, sería un concepto innovador para nuestro objetivo didáctico.

---

<sup>154</sup> Alberti, Miguel, *Op. cit.*, p. 12.

#### 4.1.4 LA DIDÁCTICA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

##### 4.1.4.1 La Geometría como instrumento didáctico

Hacer Geometría, es comprender. Su elaboración requiere de un esfuerzo intelectual poco apreciado. Como hemos visualizado en la escuela de arquitectura mexicana, ha contribuido a la enseñanza-aprendizaje de distinta manera. Rodríguez Pulido afirma, el dibujo técnico eficiente de los ingenieros y su relación con los procesos de producción, presupone una dirección en cuanto a su utilidad, dimensionalidad, previsibilidad e interpretación unívoca (identidad y universalidad).

Lo que se pretende a partir de lo que señala el docente Baeza Medina es que con la didáctica que el propone, tanto docentes como discentes seamos capaces de realizar las siguientes actividades fundamentalmente entendidas, y que se siga haciendo hincapié en el objetivo, pero desde la relación entre los contenidos temáticos y éste. La Didáctica Crítica dice que el objetivo debe ser un contenido y el contenido un objetivo. Por tanto se exponen los puntos importantes que han de ser necesarios o convenientes para soportar los futuros Planes de Estudio<sup>155</sup>.

##### 1. Actualizar los contenidos temáticos

Es necesario aprender de la historia, seguir enseñando esta asignatura de manera teórica y práctica, como se ha venido haciendo en el pasado, vinculándola con la realidad. Hay que aplicarla.

##### 2. Que el discente comprenda el objetivo

Es un problema docente, probablemente mientras más se la va enseñando menos se sabe cómo utilizarla. Se considera que esto, es la contradicción de la enseñanza de la Geometría Descriptiva de hace poco tiempo hasta nuestros días. En vista de lo anterior, se sugiere analizar para modificar los contenidos temáticos y el objetivo de ellos en los Planes de estudio.

##### 3. Que se vuelva a enseñar estereotomía

Si la estereotomía es el origen de la Geometría Descriptiva, porque desapareció de la práctica y de la enseñanza, en nuestra cultura si se sigue construyendo con piedra, madera y tabique en muchas localidades del país, y si no fuera así, se tendría que retomar este modo de construir heredado. Ahora bien se puede aplicar en la construcción con prefabricados, Le Corbusier decía que *los grandes problemas de la construcción moderna tienen que ser solucionados mediante la geometría*. El campo de la estereotomía es únicamente de la Geometría Descriptiva, a lo largo de muchos siglos de historia, resumió gran parte de la técnica constructiva de la humanidad.<sup>156</sup> La importancia de esta disciplina es actual para la arquitectura, y sobre todo para la restauración de monumentos históricos, ya que estos fueron hechos en piedra a partir de esos conocimientos. En ese sentido señala Chanfón que es evidente al analizar los programas de estudios para preparar técnicos en restauración, la poca o nula atención que se dedica a la Estereotomía.

---

<sup>155</sup> Baeza Medina, Joaquín, *Geometría y arquitectura. Algunas consideraciones sobre el uso didáctico de la geometría descriptiva en la arquitectura*, Editorial Universidad de Guadalajara, 1992, p.73.

<sup>156</sup> Chanfón Olmos, Carlos, *La estereotomía: una ciencia injustamente olvidada*, boletín época II / abril-junio 1972 INAH.

#### 4. La aplicación de las Geometrías no euclideas

Desde Euclides pocos habían cuestionado su famoso quinto postulado, que reza así: “Si dos rectas al ser cortadas por una tercera forman con ésta ángulos cuya suma es menor de  $180^\circ$ ”, es decir,  $A+B < 180^\circ$ . Las dos rectas se intersectarán en un punto (p). Postulado históricamente más conocido como *postulado de las paralelas* “Por un punto exterior a una recta sólo se puede trazar una paralela a la misma”, es decir  $90^\circ + 90^\circ = 180^\circ$ . En el siglo XVIII, "Le Gendre" (alias de Legendre 1752-1833) demostró que éste postulado es equivalente a demostrar que la suma de los ángulos internos de un triángulo es igual a  $180^\circ$ , es decir,  $A+B+C=180^\circ$ . Carolo Friderico Gavss (1777-1855) es uno de los primeros en poner en cuestión éste quinto postulado. En un plano efectivamente los tres ángulos de cualquier triángulo suma  $180^\circ$ , pero esto no es cierto si transformamos el plano en una esfera. Una esfera es una superficie de curvatura positiva (sinclástica), en ella la recta se convierte en círculos máximos conocidos como ortodrómicos y con arcos de éstos círculos máximos podemos construir triángulos como el que se publicó en Londres en el año 1633, bajo el seudónimo de Henry Van Etten, la obra *Mathematical recreations or a collection of many problems*. Se trata de la traducción al inglés de una obra homónima inicialmente publicada en francés en 1624 por Jean Appier Hanzelet (Heeffer, 2004). Se trata de una colección de problemas y curiosidades de diversa índole, algunos de ellos con contenido matemático explícito.

El problema número 97 dice lo siguiente:

*Construir un triángulo que tenga tres ángulos rectos.*

*Abre el compás como quieras y desde A describe un arco BC. Entonces, con la misma apertura y con centro en B describe el arco AC. Finalmente, con centro en C, describe con el compás el arco AB. De este modo habrás obtenido el triángulo esférico equilátero ABC, rectángulo en A, en B y en C; esto es, cada ángulo comprende 90 grados lo cual no puede suceder en ningún triángulo plano sea del tipo que sea. (VAN ETTEN, 1653, pp. 234-235). (figuras 59 y 60)*

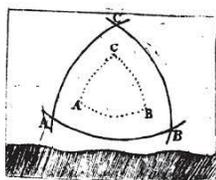


Figura 59. Fuente:

[https://www.google.com/search?q=VAN+ETTEN,+1653,+pp.+234235\)&safe=active&rlz=1C1EJFA\\_enMX756MX759&sxsrf=ACBGNRywx9dJIQJLOKGlqoTm32eG5pkg:1568138015038&source=lnms&tbn=isch&saed=0ahU=X&vKEwiL\\_uCq6cbkAhVQKKwKHXWTC6cQ\\_AUIEyC&biw=1366&bih=657#imgre=oOGZen7Us0SLM:](https://www.google.com/search?q=VAN+ETTEN,+1653,+pp.+234235)&safe=active&rlz=1C1EJFA_enMX756MX759&sxsrf=ACBGNRywx9dJIQJLOKGlqoTm32eG5pkg:1568138015038&source=lnms&tbn=isch&saed=0ahU=X&vKEwiL_uCq6cbkAhVQKKwKHXWTC6cQ_AUIEyC&biw=1366&bih=657#imgre=oOGZen7Us0SLM:)

Figuras similares a las que acompaña al texto de Van Etten

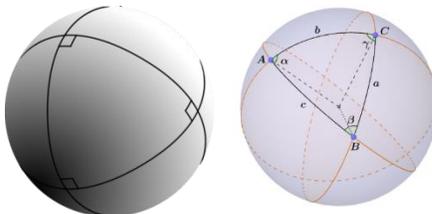


Figura 60. Fuente: <http://www.epsilon.es/epsiclas/paginas/t-geometria/geo-999-geometrias-no-euclideas.html>

En este triángulo todos sus ángulos miden  $90^\circ$ , es decir, la suma de los ángulos es mayor que  $180^\circ$ ,  $A+B+C > 180^\circ$ . Sin embargo es necesario tener aplicaciones en la asignatura de las aportaciones hechas por las del húngaro János Bolyai (1802-1860) (figura 64) y por las del alemán Bernhard Riemann (1826-1866) (figura 65) en la geometría elíptica. Su axioma: *Dada una recta  $r$  y un punto  $P$  no perteneciente a ella, no existen rectas que pasen por  $P$  y sean paralelas a la recta  $r$* , y por la del ruso Nikolai Lobachevski (1792-1856) (figura 66) de la Geometría hiperbólica, considerada la primera Geometría no euclídea. Su axioma: *Por un punto  $P$  exterior a una recta dada pasa más de una recta paralela a la dada*.

Existe una superficie en la que los ángulos de un triángulo suman menos de  $180^\circ$ . Poincaré (1854-1912) a principios del siglo XX nos brinda una representación en el plano de este tipo (figura 61).

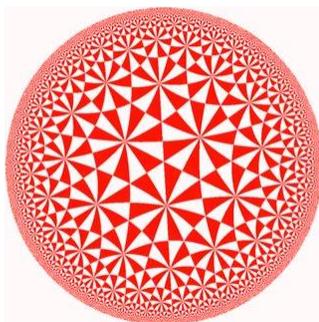


Figura 61. Fuente: <https://www.scoopnest.com/es/user/edusadeci/768359063637856256-disco-de-poincare-modelo-de-geometria-hiperbolica-cuyas-teselaciones-inspiraron-a-escher-si-euclides-pudiera-verlo>

Pero es más fácil imaginarlo en el espacio. Sería una superficie de curvatura negativa (anticlástica), algo parecido a un embudo que se estrecha y se prolonga indefinidamente. Se conoce como pseudoesfera. En estas superficies las líneas más cortas entre dos puntos no son rectas y se nombran geodésicas (división de la tierra). Si construimos un triángulo con tres de éstas geodésicas la suma de sus ángulos es menor que  $180^\circ$ , es decir,  $A+B+C < 180^\circ$  y a esta geometría se le llama hiperbólica. (figura 62)

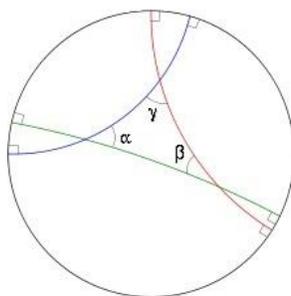


Figura 62. Fuente: <https://varepsilon.wordpress.com/2013/05/06/nociones-basicas-en-geometria-hiperbolica-ultima-parte/>

No por eso se debe negar la Geometría de Euclides, que ha servido de base para el desarrollo de la disciplina. (figura 63)

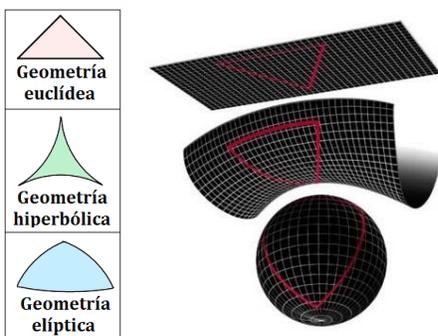


Figura 63. Fuente: <https://www.geogebra.org/m/sEevqdtf> <http://www.epsilon.es/epsiclas/paginas/t-geometria/geo-999-geometrias-no-euclideas.html>



Figura 64. János Bolyai. Fuente: *Alchetron János Bolyai. The Free Social Encyclopedia* <https://alchetron.com/Janos-Bolyai>



Figura 65. Bernhard Riemann. Fuente: <https://myloview.es/cuadro-bernhard-riemann-matematico-aleman-no-1B22D5D>



Figura 66. Nikolai Lobachevski. Fuente: <http://www.liberaldictionary.com/lobachevski/>

El sistema de Euclides era considerado único y es sustituido por una pluralidad de geometrías, sin embargo aquella es fácilmente accesible a una representación visual. Estas nuevas geometrías contradicen a la Geometría Plana (métrica). Este apartado es solo un comentario que se considera podría tener una aplicación en la didáctica de la asignatura por estas razones:

1. Actualizarla, falta ajustar la enseñanza de la Geometría Descriptiva al aprendizaje de los discentes de hoy.
2. Eliminar lo abstracto de la enseñanza, ya que esto es una de las dificultades de la asignatura. Si es difícil trabajar con elementos concretos, más lo es con abstractos, que son perfectos.

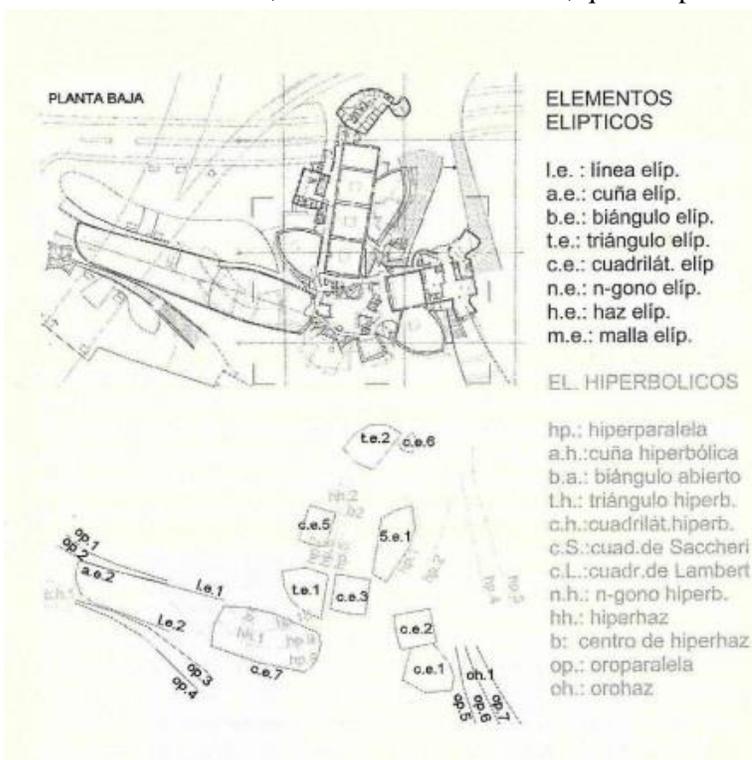


Figura 67. F. Gehry. Museo Guggenheim. Bilbao, España. 1998. Análisis geométrico de planta.<sup>157</sup>

Como ejemplo de estas nuevas geometrías (figura 67) está el museo de Frank Gehry en Bilbao, España, el Museo Guggenheim realizado en 1998, en donde los términos de espacio y Geometría manejados tradicionalmente en la formación del arquitecto denotan insuficiencia.<sup>158</sup>

## 5. El uso de la Geometría proyectiva

Se propone su uso en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Geometría Descriptiva, aunque tenga más tiempo de aplicarse. A partir de su simplificación en los métodos de perspectiva y sombras, sería el enlace entre el contenido aparentemente intrascendente de la Geometría Descriptiva y los aspectos prácticos de su representación gráfica de formas. Además, permitiría demostrar o comprobar, en forma sencilla, los problemas propuestos en la enseñanza de la asignatura.

Giovanni Klauss Kônig, escribió en el prefacio del libro de Ugo Saccardi: *La vocación hace al arquitecto, pero hay que desarrollar su capacidad (geométrica) proyectiva.*<sup>159</sup>

<sup>157</sup> Martínez Garrido, Miguel, *Geometrías de la arquitectura contemporánea*, Centro Metropolitano de Diseño, Buenos Aires Argentina, 2018, p. 37.

<sup>158</sup> En el artículo de Oscar Rodríguez Mora *Espacio y forma en la arquitectura contemporánea. Espacio-tiempo, hiperespacio y nuevas geometrías* del texto compilado por Miguel Martínez Garrido, *Geometrías de la arquitectura contemporánea*, Centro Metropolitano de Diseño, Buenos Aires Argentina, 2018, p. 23.

<sup>159</sup> Saccardi, Ugo, *Applicazioni della geometria descrittiva*, Firenze, Editrice Fiorentina, 1976, p.17.

## 6. La representación gráfica ya sea tradicional o innovadora que sea un medio, no un fin

El discente al resolver un problema geométrico y representarlo quiere mejorarlo con el dibujo, por facilidad o falta de capacidad, pero es común y más sencillo para el docente criticar la apariencia que el contenido.

Lo que es de llamar la atención, es que esta situación contribuye a hacer rígido el diseño y lo que sucede con el uso del CAD por los discentes es que resulta más fácil dibujar que pensar, por esta razón ocupa la mayor parte de su tiempo dibujando en vez de utilizarlo en razonar para resolver un problema geométrico o de diseño. Se plantea que el uso del CAD tenga la función de agilizar el pensar para resolver esos problemas más que el de representar.

En la etapa inicial o básica de formación del discente donde está inserta la Geometría descriptiva *¿no sería conveniente olvidar un poco el dibujar para proceder a explicar verbalmente o por escrito las ideas antes de resolver un problema geométrico?* Es una paradoja que se puede comprobar en la práctica.

Los problemas geométrico-matemáticos en algunas épocas se planteaban de manera verbal, con implicados rodeos que intentaban definir soluciones que debían ser transmitidas o demostradas. Así la Geometría convertida en manera de pensar, proporcionó un valioso instrumento para evitar las redundancias del pensamiento literario.

*¿Por qué la Geometría Descriptiva no es considerada como escritura, cómo acción intelectual en la medida que lo escrito se liga al lenguaje y éste al pensamiento?* Hoy a quien escribe libros se le reconoce como intelectual y a quien dibuja se le otorga el título de artista y ni remotamente tendrá la condición de intelectual.

La descripción verbal de la Geometría se pregunta el *¿Por qué?* Y la descripción gráfica se pregunta el *¿Cómo?*

El aprendizaje no actúa sobre la realidad o sobre el objeto real, sino necesariamente sobre su representación a través del dibujo geométrico como abstracción; los atributos que se recomienda otorgue el discente a este dibujo es por medio del color que lo convertirá en su expresión. Por ser el dibujo geométrico una descripción y expresión, recurre a símbolos convencionales que posibilitan una precisión comunicativa, como un código, que solamente decodificándolo se accede al conocimiento geométrico. Parte de este código para su representación debe ser la utilización simple de los colores básicos, creando un sistema de expresión-representación que recurra a códigos complementarios para poder así interpretar un alto grado de complejidad en la solución de problemas.

## 7. La influencia de la Geometría Descriptiva en la arquitectura actual

Para hacer posible una metodología de trabajo que permita confrontar resultados se requiere generar una relación en que abunde en la cronología de su origen, además de asignar la originalidad de los diferentes sistemas didácticos de la enseñanza de la Geometría Descriptiva por P. Bauché (París 1700-1733) que le cabe el honor de haber establecido las bases fundamentales de esta nueva representación y validarlo de forma estricta.

Si para llevar a cabo una idea el arquitecto necesita de la Geometría de Euclides o la de Monge, las inventa: si le estorbara cualquiera de ellas, pues debería quitarlas. No se debe decir vamos a ver cómo la Geometría Descriptiva ha influido en la arquitectura, sino más bien al contrario; dada cualquier obra arquitectónica, vamos al origen, a ver cómo se concibió, cómo se representó, cómo se realizó y cómo se percibe, pero todo esto desde una perspectiva geométrica.

## **8. La falla o acierto de la tecnología**

En la época del nacimiento de la Geometría Descriptiva, se empezaron a dejar de lado a las humanidades. En esta asignatura, algo se debe hacer al respecto; por ejemplo, relacionarla con la historia y teoría de la arquitectura, para analizar la problemática de la representación y construcción de algunas de las formas más significativas de la antigüedad. Para esto sería un acierto aplicarla con el apoyo de la tecnología CAD. Por otro lado consideramos estar muy lejos todavía de poder utilizar esta herramienta como método didáctico por lo menos para la enseñanza de la Geometría Descriptiva, aunque se estén dando avances importantes en este rubro. El estudio de la Geometría Descriptiva debe constituir el principal cuerpo de enseñanza en las escuelas de arquitectura. El dibujo que demanda la asignatura requiere de instrumentos de precisión. Las computadoras y los sistemas de representación gráfica CAD, parecen ser, una consecuencia lógica de los procesos de enseñanza. Los fuertes requerimientos de “dibujo técnico” y de gran precisión desarrollaron una Geometría hasta establecer posteriormente los sistemas de dibujo asistidos por computadora.



## EPÍLOGO

Sócrates. - ... Pero, por los dioses, Hipías, te alaban y les gusta oír lo que tú expones.

¿Qué es ello? ¿Es, sin duda, lo que tan bellamente sabes, lo referente a los astros y los fenómenos celestes?

Hipías. - De ningún modo, eso no lo soportan.

Sócrates. - ¿Les gusta oírte hablar de geometría?

Hipías. - De ningún modo, puesto que, por así decirlo, muchos de ellos ni siquiera conocen los números.

Sócrates. - Luego están muy lejos de seguir una disertación tuya sobre cálculo.

Hipías. - Muy lejos, sin duda, por Zeus.

Sócrates. - ¿Les hablas, por cierto, de lo que tú sabes distinguir con mayor precisión que nadie, del valor de las letras, de las sílabas, de los ritmos y las armonías?

Hipías. - ¿De qué armonías y letras, amigo? ...

Sócrates. - Es verdad; no tenía en cuenta que tú dominas la mnemotecnia. Así que supongo que, con razón, los lacedemonios lo pasan bien contigo, que sabes muchas cosas, y te tienen, como los niños a las viejas, para contarles historias agradables.

Hipías. - Sí, por Zeus, Sócrates; al tratar de las bellas actividades que debe un joven ejercitar, hace poco fui muy alabado allí.

Platón; Diálogos I Hipías Mayor.

Como parte final de esta investigación se ofrece un resumen general de su contenido que guarda relación con la acción principal o es consecuencia de ella.

La Geometría es un conocimiento universal. En ella existieron genios, pero no sólo ellos han hecho la historia de la Geometría. El verdadero progreso de la Geometría es obra del trabajo de una mayoría, acumulado durante siglos. El orden y selección de los capítulos son los que se consideran elementales, porque no se incluyen todos los que se podían recoger, sino sólo los susceptibles de informar sobre la educación geométrica, teniendo un método variado de razonarlos, argumentando los conceptos esenciales para su explicación.

La enseñanza de la Geometría Descriptiva es ampliamente reclamada con clases particulares, con más espacios-horas para su aprendizaje. Pero hay que considerar en principio a la Geometría como un lenguaje universal, entonces ¿se puede concebir la enseñanza de la arquitectura sin la Geometría Descriptiva? Por supuesto que no. Sin embargo, los nuevos sistemas pedagógicos y didácticos proponen a los docentes ser expertos en la transmisión de conocimientos y parece no importar las implicaciones intelectuales que la Geometría aporta al geometrizar como proceso y sistema de reflexión, así de esta manera se considera que la cuestión que se ha establecido, es la drástica reducción en el contenido temático de la Geometría Descriptiva para con la enseñanza actual de la arquitectura.

Sobre cualquier actividad humana que implique “habilidades manuales” haciéndolas equivaler a “tiempo perdido”, hacer Geometría se convierte así, en artículo artesanal nostálgico y pasado de moda, es decir, en lenguaje actual “retro”, y no confundirlo con retro-gradado.

En un panorama general, sin pretender alarmar, la situación actual que presenta la enseñanza de la Geometría Descriptiva dentro de los Planes de Estudio de las escuelas de arquitectura, están sufriendo un proceso de disminución y retroceso en cuanto preeminencia y conocimiento de lo básico de la propia asignatura, es la realidad. No debería ser una aptitud selectiva u optativa la que han de tener los discentes, sino un instrumento que eleve la creatividad.

Las nuevas tecnologías con su tratamiento matemático del dibujo asistido por computadora basados en la Geometría analítica cartesiana, nos plantea la necesidad de recuperar la importancia de comprender a través del hacer (maquetación como demostración y dibujo trazado con regla y compás). Se reitera que el papel de la enseñanza de la Geometría Descriptiva en la dinámica imaginativa y creativa del

diseño a través del dibujo geométrico a mano es parte central del desarrollo como discurso del discente de arquitectura.

En este sentido, debemos cuidar que no aparezca lo que podría llegar a llamarse geometrización, geometrismo o geometritis, que es distinto a geometrar, es decir, hacer Geometría con Geometría. Eso debido al uso indiscriminado de elementos geométricos en los diseños de los discentes y en las obras que se están generando en la realidad, cosa que desde luego ha de hacerse desde la asignatura de Geometría Descriptiva. Pudiendo llegar a suceder lo comentado por Coppola, Moles y Rohmer en el capítulo VIII, de su texto *La geometría en la percepción del espacio*. Refiriéndonos a que la arquitectura se está geometrizando demasiado.

La vida en la Francia de la Revolución favoreció la formación de la Geometría Descriptiva y sus conceptos, distintos a los de la época actual y también a los de la realidad de la arquitectura de posguerra. En cambio, otros conceptos dependían de las condiciones sociales y políticas solo indirectamente, mientras que había una dependencia más directa de las ideologías y teorías filosóficas que imperaban en una época o un ambiente académico dado. La Geometría de los geómetras mexicanos del siglo XIX se parecía a la relativista manera de pensar de los franceses de esa época. Las opiniones geométricas se formulaban también bajo la influencia del arte o arquitectura francesa que veían a su alrededor. Los artistas arquitectos solían depender de los geómetras ingenieros a pesar de su desunión, también sucedía lo contrario: la teoría ejercía su influencia sobre la práctica artística-geométrica, pero asimismo la práctica influía sobre la teoría.

Sin embargo, para el docente de Geometría es importante establecer cuáles entre las ideas y teorías descubiertas por otros geómetras encontraron respuestas y reconocimiento, y cuáles fueron universalmente aceptadas e influyeron en la mentalidad de todos.

Los intereses del docente deben conducir a que la historia de la Geometría se desarrolle en dos direcciones: por una parte es la historia de los descubrimientos y del progreso del pensamiento geométrico; por otra, es la historia de cómo esos conceptos y opiniones geométricas fueron aceptadas por la academia y rigieron a lo largo de los siglos.

La Geometría ha tenido y continúa teniendo diversos caminos, y todos ellos los ha de seguir la historia. Por tanto, *¿cuándo empieza la historia de la enseñanza de la Geometría?*

Hay que marcar un punto en el desarrollo de su curso, y desde ese punto iniciar el trabajo de investigación. Limitando conscientemente el campo de nuestro estudio, específicamente en Grecia. Fuera de Europa, en el oriente y especialmente en Egipto, existió probablemente no sólo una Geometría implícita, sino también otra Geometría formulada explícitamente, aunque pertenecía a otro ciclo de desarrollo histórico. En general **el avance de la Geometría está en contradicción con el tiempo actualmente destinado para la enseñanza y aprendizaje de ésta**. No debe ser simplemente parte de la expresión gráfica o del diseño, tampoco debe ser considerada como una asignatura más, ni programarla como clase teórica, en la que el discente deba recibir conocimientos pasivamente para desarrollar por cuenta propia sus habilidades, por ello, resulta necesario establecer una reflexión sobre los motivos por los que la didáctica de la Geometría Descriptiva se ha mantenido igual sin vislumbrar un cambio radical en su forma de enseñarse.

El papel histórico que se le ha atribuido a la Geometría Descriptiva es como sistema matemático para resolver problemas técnicos, que no se pueden resolver en otro ámbito. Quien representa un objeto tridimensional dibujándolo en dos dimensiones a través de sus tres proyecciones ortogonales se enfrenta

inevitablemente a la reflexión, porque el objeto abstraído constituye la imaginación y su representación gráfica implica reflexión.

A manera de corolario, se menciona al más destacado epígono de Leonardo da Vinci; Alberto Durero (1471-1528), que en 1525 publicó su libro, *Instrucción para la medida con el compás y la regla de líneas, planos y todo tipo de cuerpos*, conocido popularmente como *De la medida*. Su título original es *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel un[d] Richtscheyt, in Linien Ebenen vnnd gantzen Corporen* (Los cuatro libros sobre medición. Instrucciones de medición con compás y regla). Gedruckt zů Nüremberg : [editor no identificado], enero de 1525. En el describe la construcción de un gran número de curvas, como la conoide, la espiral de Arquímedes y la espiral basada en la sección aurea, también conocida a partir de entonces como la Espiral de Durero (figura 68). En conjunto, su obra se puede considerar como el inicio de la Geometría Descriptiva (figura 69).



Figura 68. *Underweysung der messung mit dem zirckel richt scheyt* ONU 1525, Xilografía, total: 11 x 8 5/16 x 15/16 in. (28 x 21,1 x 2,4 cm), Libros, Alberto Durero (en alemán, Nuremberg 1471-1528 Nuremberg), publicada hacia el final de la vida de Durero, *Tratado de medición* (1525) estaba destinada, como el artista declaró en su introducción, "no sólo para los pintores, sino también para los orfebres, escultores, canteros, carpinteros, y para todos aquellos que utilizando la medición es útil.

Colaborador/a: Album / Alamy Foto de stock

ID de la imagen: P9RIW6

Más información: Esta imagen podría tener desperfectos porque se trata de una imagen histórica o de reportaje.

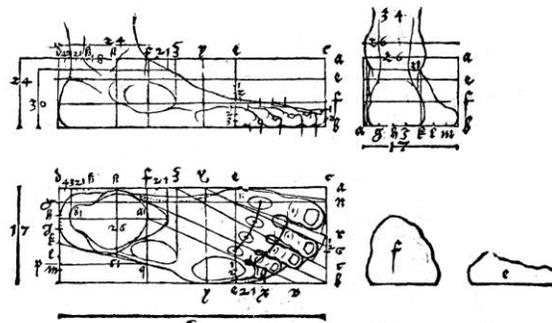


Figura 69. Durero utiliza a menudo el Sistema diédrico.

Fuente: De Alberto Durero - <https://archive.org/stream/hierinnsindbegri00dure#page/52/mode/1up>,  
Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24987815>

File:Durero foot.jpg Creado el: 31 de diciembre de 1527

Lo primero que se reconoció en esta investigación fue la problemática en torno a la enseñanza geométrica. Desafortunadamente, las hipótesis que corresponden al planteamiento del problema en esta área del conocimiento, no se pueden demostrar en una forma adecuada, tal vez en la práctica, o por lo menos no se conoce un procedimiento que lo permita.

Se sugiere que cada docente de Geometría Descriptiva analice sus propias hipótesis, formule nuevas y las que considere más viables el aplique en sus clases.

El desarrollo futuro de la investigación se prevé importante, posiblemente sin buscarlo, se ha llegado a una tesis abierta con diferentes vías posibles de investigación posterior. En el camino de la misma se han encontrado elementos de gran valor que relacionados en mayor o menor medida con el objetivo, también se ha creído importante adoptar, otros muchos han quedado apartados aunque no definitivamente como caminos explorables.

Desde el punto de vista de la enseñanza geométrica, esta aportación al problema didáctico de la Geometría abre no obstante una serie de vías de investigación que la desarrollan. Las ramas que se apartan del tronco central de esta tesis están muy vivas y es necesario volver atrás y reconducirse por esos caminos.

Como resultado de la investigación y de acuerdo con los análisis cuantitativos y cualitativos realizados, se plantea la necesidad de generar mecanismos de integración a lo largo del currículo que permitan superar dificultades para integrar las áreas alrededor de su producción intelectual.

Para ello, se propone la definición de temas transversales que trascienden los diseños curriculares y que buscan acercar las áreas a partir de temáticas comunes sin que pierdan su autonomía: Técnica o Arte. La disyuntiva en la concepción de la Geometría Descriptiva implica una fractura que hace de su enseñanza una amalgama siempre imperfecta e incompleta. Pensar en lo básico en Geometría obliga a detenerse en este doble origen e indagar si efectivamente se trata de un camino inevitable o es más bien un falso dilema al que nos hemos habituado y concebimos como irremediable. Habrá que recordar que la palabra “ars” en realidad se trata de la traducción latina de lo que los griegos entendían por “techné”. La sospecha de que en algún momento fueron una y la misma cosa debería ser un aliciente para intentar nuevas aproximaciones.

### **Transversalidad o autonomía**

Lo deseable es que haya un comportamiento estratégico que establezca un abanico de recursos, una visión transversal que permita entender aspectos que no son posibles de captar desde la propia arquitectura, y dar cuenta de los problemas desde el comportamiento, desde las interacciones y dinámicas sociales. Es imperiosa una mirada disciplinar que permita comprender y resolver los aspectos involucrados con el rigor y los instrumentos propios de la disciplina para dar la medida y la forma adecuada. Se trata de incluir lo uno y lo otro, en lugar de excluir, o lo uno o lo otro, como afirmó Robert Venturi.

### **Arquitectura como experiencia de paisaje**

Si bien, usualmente se enseña que la arquitectura se relaciona con su entorno, el espectro necesario para responder a esa realidad en la cual se desarrolla el hecho construido es quizás más amplio y es, en esta medida, que el paisaje permite tener un entendimiento holístico de dicha realidad. En los primeros años se requiere comprender que se vive rodeado y percibiendo paisajes en un proceso de relaciones con el entorno. Un discente debe ser consciente de la riqueza de experiencias simultáneas que emanan de un paisaje construido o natural, de su valor cultural y estético. Para esto es fundamental desde el inicio de la carrera de arquitectura aprender a mirar, a diferenciar, resaltar y comprender la complejidad de elementos que

componen un paisaje en el mundo contemporáneo a través de la Geometría ya sea tradicionalmente o bien con la nueva tecnología, como sea pero que la observe de esa manera.

### La experiencia

Este planteamiento se centra en basar la educación en la experiencia personal, con lo cual se logra privilegiar la construcción de la autonomía y madurez del discente, al tiempo que se busca construir una base conceptual geométrica que es determinante para su desempeño. En esa dirección, el enfoque de esta didáctica es exaltar el libre albedrío del discente, aunque es necesario diferenciar las experiencias que son educativas de las que no lo son. Los primeros años deben formar un discente de arquitectura por medio de vivencias geométricas que le permitan generar nuevas experiencias, de modo que él mismo se convierta en un elemento activo de su formación.



(Alegoría de la Geometría. Margarita philosophica de Gregor Reisch 1504) Fuente: Ángel Requena Fraile.



(Alegoría de la Geometría por Johannes Klein (1823-1883) catedral de Colonia, Alemania,. Posted in Alemania, Iconología de las artes liberales, Templo, Vidriera on 12 octubre 2017 Fuente: Ángel Requena Fraile.

La Catedral de Colonia es la joya gótica de Alemania. Las vidrieras contribuyen al esplendor de su esbelto interior. Los antiguos vitrales medievales se han ido completando con otros más recientes e incluso con vibrantes diseños actuales. Nos fijamos en una de las vidrieras de la fachada en la torre norte: el vitral del zodiaco, los meses y las Artes Liberales. Se trata de una de las ocho vidrieras de la planta baja de las naves de ambas torres que diseñó el artista vienés Johannes Klein (1823-1883) y que fueron colocadas a partir de 1884. Los múltiples medallones se inspiraron en los existentes en otras catedrales. Los daños de los bombardeos han sido prácticamente reparados.



*(Alegoría de la Geometría, Frans Floris. Vidriera c.1550. Núremberg). Fuente: Ángel Requena Fraile.*

*El mismo espíritu de mostrar que la geometría es una ciencia útil para los oficios se pone de manifiesto en la vidriera que reproduce una alegoría de la Geometría del pintor manierista flamenco Frans Floris de Vriendt (1517 – 1570). Los personajes que reciben la enseñanza ya no son nobles, eclesiásticos o estudiantes sino trabajadores manuales maduros que van a usarlo para sus actividades.*

## REFERENCIAS Y HEMEROGRAFÍA

- Agea, Ramón et al., *La enseñanza de la arquitectura en México Observaciones*, en Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, 1903
- Agustín, San, *Titulo original: Obras Completas*: 41 vol., BAC, Madrid, 1946, En especial Contra académicos, De libero arbitrio, Confesiones, De Trinitate, De civitate Dei.
- Alberti, Miguel, *¿Fáciles o difíciles? Aprender y enseñar matemáticas*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U., España, 2014.
- Alva, Martínez, Ernesto, *La práctica de la arquitectura y su enseñanza en México*, Cuadernos de arquitectura N°26-27, SEP-INBA, México, 1983.
- Alva Martínez, Ernesto, Los años felices de la arquitectura mexicana. Nacimiento de nuevas escuelas. Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5.
- Alvarado Planas, Javier, *Heráldica, simbolismo y usos tradicionales de las corporaciones de Oficio; las marcas de canteros*, Madrid, 2009.
- Álvarez, Manuel Francisco, *El Dr. Cavallari y la carrera de Ingeniero Civil en México*, México, A. Carranza y Comp., Impresores, 1906.
- Bacon, Francis, 1609, *Novum Organum*, Buenos Aires, Losada, 1949. Capítulos xxxviii al xli del texto Ideología en los textos, de Villagrán y Cassígoli.
- Báez Macías, Eduardo, *Obras de fray Andrés de San Miguel*, Introducción, notas y versión paleográfica, UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, [Folio 7r; el 6v en blanco] MATEMATICAS, 2007.
- Baeza Medina, Joaquín. *Geometría y arquitectura. Algunas consideraciones sobre el uso didáctico de la geometría descriptiva en la arquitectura*, Editorial Universidad de Guadalajara, 1992.
- Bonell, Carmen, *La Geometría y la Vida: Antología de Palazuelo*, AD HOC Serie Monografías 10, 2006.
- Calvo López, José, *Gaspard Monge, la estética de la Ilustración y la enseñanza de la Geometría Descriptiva*, Cartagena, Revista de Expresión Gráfica en la Edificación.
- Capone, M., Nigro, E., *Desde la geometría hasta la representación generativa. La búsqueda de una solución optimizada en el proyecto del Club Táchira* (Caracas, 1955). EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 22 (31). doi: 10.4995/ega.2017.8873, 2017.
- Carrera, Josep Pla I, *La geometría Euclides. Las matemáticas presumen de figura*, RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, S.A.U. España, 2012.
- Castells, Manuel. *La era de la información*, España, Alianza Editorial, 1998.
- Chanfòn, Olmos Carlos, “Boletín”, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, época II / abril-junio, 1972.
- Chanfòn del Olmo, Carlos, *Eugene Emmanuel Viollet le Duc (1814-1879)*, su idea de restauración, cuadernos de arquitectura, 1988b.
- Chanfòn Olmos, Carlos, *La estereotomía: una ciencia injustamente olvidada*, boletín época II / abril-junio 1972 IN
- Chanfòn, Olmos, Carlos, *La formación de los constructores durante la época virreinal*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Ching, Francis D.K. *Una historia universal de la arquitectura*, Vol. 1, Editorial Gustavo Gili, España, 2011.
- Clavero, Bartolomé, *Razón científica y revolución burguesa*, en El científico español ante su historia. La Ciencia en España entre 1750-1850, Madrid, Diputación, 1980.

- Coloma, E. y De Mesa, A., *La docencia de la representación paramétrica. La representación paramétrica y los procesos no lineales*. EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 19,. doi: 10.4995/ega.2012.1372.
- Cortés Rocha, Xavier, *El posgrado en la facultad de arquitectura*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Colerus, E, *Breve Historia de las Matemáticas*, tomo 1, Enciclopedia Universal Ilustrada.
- Doczi, György, *El poder de los límites. Proporciones armónicas en la naturaleza, el arte y la arquitectura.*, Editorial Troquel, Buenos Aires, 1996.
- doi: 10.4995/ega.2019.7853, Expresión Gráfica Arquitectónica 35.
- Dollens, Denis, *De lo digital a lo analógico*, Gustavo Gili, Barcelona, 2002.
- de Fusco, Renato, *La idea de Arquitectura Historia de la Crítica desde Viollet-le-Duc a Persico*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1976.
- Edwards, A. L., *Techniques of Attitude Scale Construction*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1967.
- Germann, George. *Vitruve et le vitruvianisme: introduction à l'histoire de la théorie architecturale*, Laussane, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.
- Gómez Urgellès, Joan, *Cuando las rectas se vuelven curvas, Las geometrías no euclidianas*, RBA Coleccionables, S.A., España, 2012.
- Gómez Vargas, Juan Carlos, *Análisis de los contenidos y el método didáctico de la asignatura de geometría descriptiva desde su perspectiva histórica*, Departamento de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada, España, 2016.
- Gómez, Vargas, Juan Carlos, *Ejercicios resueltos de Geometría Descriptiva*, Editorial Técnica Avicam, España, 2013.
- González Casanova, Pablo. *La universidad necesaria en el siglo XXI*, Ediciones ERA, 2013.
- González Lobo, Carlos, *La enseñanza de la arquitectura en México entre 1910 y 1929 en la Academia de San Carlos de la Universidad Nacional de México*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- González Moreno-Navarro, José Luis. *El Legado Oculto de Vitruvio*, Madrid, Alianza Editorial, 1993.
- González, P., *Adaptación de superficies de doble curvatura mediante superficies desarrollables*. EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica, 21 (17). doi: 10.4995/ega.2016.4741.
- González Quintial, Francisco, *Método de adaptación de formas de doble curvatura mediante superficies desarrollables*, Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura Donostia-San Sebastián, Universidad del País Vasco, 2012.
- Guadet, Julián, *Éléments et théorie de l'architecture*, Librairie de la Construcción Moderna, Quatrième Edition, París.
- Guthrie, W.K.C. *Historia de la Filosofía Griega*. Gredos.
- Gutiérrez, Ángel y Jaime, Adela. *Geometría y algunos aspectos generales de la educación matemática*, Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.
- Gropius, Walter, *Alcances de la arquitectura integral*, Buenos Aires, La Isla, 1985.
- Hadingham, Evan, *Circles and Standing Stones*, Doubleday Anchor, Nueva York, 1975.
- Hawkins, Gerald S, *Stonehenge Decoded*, Dell Publishing, Delta Books, Nueva York, 1966.
- Heller, Agnes, *Sociología de la vida cotidiana* (traducción de J.F. Ivars y Eric Pérez Nadal) 4a ed. Barcelona: Ediciones Península, 1994.
- Hessen, Johannes, *Teoría del Conocimiento*, traducción de José Gaos, Instituto Latinoamericano de Ciencias y Artes.
- Hintikka, Jaakko, *Logic, Language-games and Information: Kantian Themes in the Philosophy of Logic*, Clarendon Press, Oxford, 1973.

- Irigoyen Castillo, Jaime F, *Filosofía y Diseño: una aproximación epistemológica*, UAM, México, 2016.
- Kant, Immanuel, *Crítica de la razón pura*, traducción, estudio preliminar y aparato de notas de Mario Caimi, México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2009.
- Katzman, Israel, *Arquitectura del siglo XIX en México*, T.I.Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.
- Kolarevic, Branko, *Architecture in the digital age. Design and manufacturing*, Spoon Press. New York, 2003.
- Kretch, D, Cruschfield, R. S., *Theory and Problems of Social Psychology*, McGraw Hill, Nueva York, 1948.
- Le Corbusier, *Hacia una arquitectura*, Poseidón, Buenos Aires, 1978.
- Lorenzen, Elvind, *Technical Studies in Ancient Metrology*, Nyt Nordisk Forlang Arnold Busk, Copenhagen, 1966.
- Loria, Gino, *Storia della geometría descrittiva*.
- Lucarelli, Elisa, *Innovaciones educativas en la formación docente*. Revista Nordeste, 2003.
- Mariscal, Nicolás y Chávez, Samuel, *Proyecto de Plan de estudios para la enseñanza de la arquitectura en México*, Tip. y Lit. La Europea de la Aguilar Vera y Compañía (S. en C.) México, 1902.
- Martínez Garrido, Miguel, *Geometrías de la arquitectura contemporánea*, Centro Metropolitano de Diseño, Buenos Aires Argentina, 2018.
- Monge, Gaspard, *Geometría Descriptiva*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, N° 52, Unigraf, S.L. Móstoles (Madrid), 1996.
- Monge, Gaspar, *Géométrie Descriptive. Leçons données aux Écoles Normales de l'an 3 de la République*, París, Badouin, an VII (1799). Ya se habían publicado en el Journal de sèances de la École Normale, pero ésta es la primera edición como libro independiente. La primera traducción a otro idioma es la española, en 1803. Véase E. Rabasa y J. M. Gentil, "Sobre la geometría descriptiva y su difusión en España", estudio introductorio previo a Gaspar Monge, Geometría descriptiva (facsimil de la trad. Española de 1803), Madrid, Colegio de Ing. de Caminos, Canales y Puertos, 1996.
- Moulin, Raymond et al, *Les Architectes – Metamorphose d'une Profession Liberale*, Archives des Sciences Sociales, almann-Lèvy, París, 1973.
- Navascuès Palacio, Pedro, *El libro de arquitectura de Hernán Ruíz, el joven*, Estudio y Edición Crítica, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1974. El manuscrito de arquitectura de Hernán Ruiz, el joven, Archivo Español de Arte, t. XLIV, núm. 175, 1971. XII Jáms., 10 figs. El manuscrito se guarda en la Sección de Raros de la Biblioteca de dicha Escuela, Signatura R-16.
- Newcomb, T. M., *Personality and Social Change: attitude formation in a Student community*, Dryden, Nueva York, 1943.
- Olivares Correa, Martha, *Primer Director de la Escuela de Arquitectura del siglo XX. A propósito de la vida y obra de Antonio Rivas Mercado*, Instituto Politécnico Nacional, 1996.
- Pádua, Jorge, *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*, Fondo de Cultura Económica, México, 1996.
- Paz, Octavio, *Los Hijos del Limo*, Seix Barral, Barcelona, 1987.
- Peters, B., *Computation works: the building of algorithmic thought. Architectural design*, 83(2), 2013.
- Platón, *Cartas. Obras completas*, Madrid, Aguilar, 1990.
- Platón, República, *Obras completas*, Madrid, Aguilar, 1990.
- Panero, Julius, *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*, Editorial Gustavo Gili, España, 2011.
- Patteta, Luciano, *Historia de la arquitectura, antología crítica*, Madrid, Blume, 1984.
- Pérez Gómez, Alberto, *La génesis y superación del funcionalismo en arquitectura*, México, Limusa, 1980.
- Rabasa Díaz, Enrique, *Hacia la estereotomía del siglo XIX*. Artículo.

- Ramírez Arellano, J. Enrique, *Mis primeros apuntes de geometría, hacía un aprendizaje básico*, Editorial Académica Española, 2019.
- Ramírez Ponce, Alfonso, *Planes de estudio. El plan 1976*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Ramírez, Santiago, *Datos para la Historia del Colegio de Minería*, Edición facsimilar de la original de 1980, SEFI-UNAM, México, 1982.
- Rey, Abel, *La juventud de la Ciencia Griega*, México, 1961.
- Ríos Garza, Carlos, *Juan O'Gorman y la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional*, en: de Arquitectura... Cuadernos de ensayo y crítica, México, número 67, noviembre de 2005. Fuente original: Memoria relativa al estado que guarda el ramo de la educación pública el 31 de agosto de 1934, México, tomo III, Programas, SEP, Talleres Gráficos de la Nación, 1934.
- Rodríguez Pulido, Alfonso, *El dibujo en la enseñanza de la arquitectura. Las escuelas de arquitectura en México*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica, 1999.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz, 2005. Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum.
- Ruiz de la Rosa, José A, "*Geometría fabrorum*" o la antítesis de las teorías sofisticadas, Artículo de la ETS de arquitectura Universidad de Sevilla.
- Rykwert, Josep, "*On the oral transmission of the architectural theory*", en J. Guillaume (ed.), *Les Traités d'Architecture de la Renaissance*, Paris, 1988.
- Saccardi, Ugo, *Applicazioni della geometría descrittiva*, Firenze, Editrice Fiorentina, 1976.
- Samaniego, Valentín, *El posgrado en investigación y docencia de la arquitectura y el urbanismo*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Santoyo, García Galiano, J., *Los métodos tradicionales de Perspectiva. En búsqueda de modelos unificadores*, Tesis doctoral, UNAM, Facultad de Arquitectura, 2016.
- Sereny, Gita, *Albert Speer, el arquitecto de Hitler: su lucha con la verdad*, Vergara, 2006.
- Shelby, Lon R., *El conocimiento geométrico de los masones maestros medievales*, *Speculum* 47, no. 3, julio de 1972.
- Shelden, Dennis R, *Digital surface representation and the constructability of Gehry's architecture*, Doctoral Thesis. MIT, 2002.
- Sverlij, Mariana, *Retórica y arquitectura: de re Aedificatoria de Leon Battista Alberti*, Universidad de Buenos Aires, Argentina, *RÉTOR*, 4 (2), 2014.
- Solís Àvila, Luis Fernando, *El Plan de Estudios 1981*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Tabarroni, G, *Vitruvio nella storia della scienza e della tecnica*, en *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna. Classe di scienze morali. Memorie*, LXVI, 1971-72.
- Tannery, P, *La Géométrie Grecque*, Paris, [1887] 1988.
- Tank de Estrada, Dorothy. *Tensión en la Torre de marfil. La educación en la segunda mitad del siglo XVIII mexicano*. En: Josefina Z. Vázquez. *Ensayos sobre la historia de la educación en México*, El Colegio de México.
- Tatarkiewicz, Wladyslaw, *Historia de la estética*, Ediciones Akal, Madrid, España, 1989, Traducción del polaco Danuta Kurzya.

- Turati Villaràn, Antonio *La Didáctica del Diseño Arquitectónico, Una aproximación metodológica*. Facultad de Arquitectura. México: UNAM, 1993.
- Vargas Salguero, Ramón y Arias Montes, J. Víctor, *Ideario de los arquitectos mexicanos*, Tomo I Los precursores, IEP-SA, 2010.
- Vargas Salguero, Ramón, *La Revolución pedagógica de la arquitectura. Los años procelosos. 1920-1939*, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5, 1990.
- Vera, Francisco, *Breve historia de la geometría*, Losada, Argentina, 1948.
- Vera, Francisco, *Historia de la cultura científica*, Buenos Aires, 1956.
- Virilio, Paul, *Véhiculaire, en Normades et vagabonds*, 10-18: sobre la aparición de la linealidad y las alteraciones de la percepción debidas a la velocidad.
- Vitruvio, Marco Lucio, *Título original: De Architectura. Los Diez Libros de Arquitectura*: traducción directa del original: José Luis Oliver Domingo, Primera edición, Alianza Forma Editorial, Madrid, 1995, 1997, Prólogo por Delfín Rodríguez Ruiz.
- Vitruvio, Marco Lucio, *Los diez libros de Arquitectura*, Imprenta Juvenil, Barcelona, 1985. Traductor Agustín Blánquez.
- Vitruvio, Marco Lucio, *Los diez libros de Arquitectura*, Editorial Iberia, Barcelona, 1970. Colección Obras Maestras. Edición española de Agustín Blánquez.
- Viollet-le-Duc, Eugene, *Entretiens sur l'architecture*, Décima plática.
- Villalobos, J., *Ser y verdad en San Agustín de Hiponia*, Publicaciones Universidad de Sevilla, 1987.
- *En nuestro medio es fácil conseguir el texto de Vitruvio en dos versiones en castellano: - Los Diez Libros de Arquitectura: edición facsímil de la primera traducción hecha del latín al castellano por el presbítero valenciano Josep ORTIZ (Madrid, Imprenta Real, 1797), que acertadamente ha publicado Ediciones Akal de Madrid en 1992, y que incluye un prólogo de Delfín Rodríguez Ruiz.*
- *Durante los últimos años los estudios sobre Vitruvio han ido creciendo en cantidad y calidad, y desde muy diversas disciplinas. Cito solo los nombres que pueden ser de más interés: - CERVERA VERA, L.: El Códice de Vitrubio hasta sus primeras versiones impresas, Madrid, 1978.*

## Documentos Oficiales

- Aroged.
- Archivo de la ENA.
- Carta UNESCO-UIA De la formación en arquitectura, Versión revisada 2011 Aprobada por la Asamblea General de la UIA, Tokio 2011
- Congresos EGA-docencia (Base de datos de todas las comunicaciones y ponencias de los congresos) Sigra-di ecaade.
- Diario oficial del Gobierno Supremo de la Republica, México, tomo I, número 110, 7 de diciembre de 1867.
- *Edificación*, Órgano de la Escuela Superior de Construcción, México, número 1, septiembre-octubre de 1934.
- *El Arquitecto*, México, Sociedad de Arquitectos Mexicanos, número 3, noviembre de 1923.
- Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1989, Cuadernos arquitectura docencia, monografía sobre la facultad de arquitectura, edición especial No. 4 y 5.
- Libro Blanco del Título de Grado en Arquitectura (ANECA). [http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco\\_arq\\_borrador.pdf](http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco_arq_borrador.pdf)
- Planes de Estudios de la licenciatura en Arquitectura de la UNAM. Biblioteca "Lino Picaseño" de la FA.
- Programa de Convergencia Europea de ANECA (2003-2006)

[http://www.aneca.es/publicaciones/docs/publi\\_convergencia\\_060620.pdf](http://www.aneca.es/publicaciones/docs/publi_convergencia_060620.pdf)

- Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final –Proyecto Tuning-América Latina 2004-2007. Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao, España.
- Revista ARQHYS. 2012, 12.
- Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653).
- Revista Nexus Network Journal.
- TESIUNAM - Tesis del Sistema Bibliotecario de la UNAM, Dirección General de Bibliotecas, 2012.

## Páginas Web

<http://www.alamy.com>

<https://alchetron.com/Janos-Bolyai>

Ángel Requena Fraile.

Apasionados del imperio romano. Institutiones Seacularium Litterarum. Las siete artes liberales, por Flavio Magno

<https://archive.org/details/Cleomedes-DeMotuCirculari-TheHeavens>

<https://archive.org/stream/hierinnsindbegri00dure#page/52/mode/1up>,

<http://www.arqhys.com/articulos/geometriadescriptiva-historia.html>

Aurelio Casiodoro Senator. Google.com

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/boecio.htm>

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/euclides.htm>

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/i/isidoro.htm>

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/v/vitruvio.htm>

<http://cebe.cf.ac.uk/aee/papers>

Copyright Pol Mayer / Paul M.R. Maeyaert [polmayer@yahoo.es](mailto:polmayer@yahoo.es)

Daftlogic.com

De Alberto Durero - <https://archive.org/stream/hierinnsindbegri00dure#page/52/mode/1up>, Dominio público,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24987815>

De PMRMaeyaert - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0 es, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1746642>

<http://dialogo-entre-masones.blogspot.com/2014/11/iconografia-del-gran-arquitecto-del.html>

Dominio público. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24987815>

Fuente: <http://www.egiptología.org/ciencia/matemáticas/>

<https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-valores-culturales/>

<http://www.epsilon.es/epsiclas/paginas/t-geometria/geo-999-geometrias-no-euclideas.html>

<https://www.geogebra.org/m/sEevqdtf> <http://www.epsilon.es/epsiclas/paginas/t-geometria/geo-999-geometrias-no-euclideas.html>

[https://www.google.com/search?q=VAN+ETTEN,+1653,+pp.+234235\)&safe=active&rlz=1C1EJFA\\_enMX756MX759&sxsrf=ACYBGNRywx9dJIQJLOKGlqoTm32eG5pkg:1568138015038&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiL\\_uCq6cbkAhVQKKwKHxWTC6cQ\\_AUIEygC&biw=1366&bih=657#imgrc=oOGZenh7Us0SLM:](https://www.google.com/search?q=VAN+ETTEN,+1653,+pp.+234235)&safe=active&rlz=1C1EJFA_enMX756MX759&sxsrf=ACYBGNRywx9dJIQJLOKGlqoTm32eG5pkg:1568138015038&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiL_uCq6cbkAhVQKKwKHxWTC6cQ_AUIEygC&biw=1366&bih=657#imgrc=oOGZenh7Us0SLM:)

[http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fiedler\\_Wilhelm.html](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fiedler_Wilhelm.html)

<http://iesjorgejuan.es/sites/default/files/apuntes/sociales/historiadelarte2/tema11barroco/artebarrocogeneral.pdf>

<http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/>

<http://www.liberaldictionary.com/lobachevski/>

<https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/eratosthenes-and-the-mystery-of-the-stades-how-long-is-a-stade>  
neoprogrammics.com

<https://myloview.es/cuadro-bernhard-riemann-matematico-aleman-no-1B22D5D>

<https://www.nreda2.com/enredados-en-la-cultura/pintura/146-escuela-de-atenas-rafael-sanzio.html>

<https://www.scoopnest.com/es/user/edusadeci/768359063637856256-disco-de-poincare-modelo-de-geometria-hiperbolica-cuyas-teselaciones-inspiraron-a-escher-si-euclides-pudiera-verlo>

<https://sobrehistoria.com/la-ilustracion/>

<http://usuarios.lycos.es/Onuba/CAR14.htm>

<https://varepsilon.wordpress.com/2013/05/06/nociones-basicas-en-geometria-hiperbolica-ultima-parte/>

[http://www.wikiwand.com/es/Notaciòn\\_científica](http://www.wikiwand.com/es/Notaciòn_científica) y

[http://www.wikiwand.com/es/Notaciòn\\_científica](http://www.wikiwand.com/es/Notaciòn_científica) y



## ANEXOS

### ANEXO 1

#### PROGRAMA DE: GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I.

Primer semestre.	
Materia Obligatoria.	
Inicial del Curso.	
Horas Teóricas.	2
Horas Prácticas.	2
Créditos.	6

**OBJETIVO:** Se trata de una materia de tipo *informativo* y la finalidad de la Geometría Descriptiva es: la representación gráfica de los objetos de una manera universal. La relación entre la Geometría Descriptiva y la Arquitectura, se establece en el momento de *tratar* de representar gráficamente un objeto arquitectónico ya sea existente o como producto de la creación del Arquitecto.

**PROGRAMA CONDENSADO:** DEFINICION. FORMAS GEOMETRICAS. Conocimiento de las formas simples de la geometría y la manera de poderlas representar gráficamente

EL PUNTO. Posiciones del punto con relación al sistema de representación gráfica

LA LÍNEA. LA LINEA RECTA. Línea desde el punto de vista geométrico y arquitectónico, así como el tratamiento específico de la línea recta en el sistema de representación gráfica.

LA SUPERFICIE. EL PLANO. Diferentes tipos de superficies que se consideran desde el punto de vista geométrico y arquitectónico, así como el tratamiento específico de la superficie en el sistema de representación gráfica.

INTERSECCIONES Y VISIBILIDAD. Procedimientos de representación gráfica para determinar la intersección entre rectas, planos y rectas y planos entre sí. Determinar la visibilidad resultante entre los elementos antes mencionados.

MOVIMIENTOS AUXILIARES. CIRCULO. Sistemas auxiliares en la representación gráfica de las formas geométricas y arquitectónicas. Cambio de planos, giros, abatimientos. Posiciones del círculo en relación al sistema de representación gráfica así como de las deformaciones que sufre.

PERSPECTIVA. DIFERENTES TIPOS DE PERSPECTIVA. Qué es la perspectiva y cuáles son los tipos más generalizados en la representación gráfica de objetos arquitectónicos. Perspectiva visual, perspectiva convencional (Isométrica, Caballera). Perspectiva Geométrica y su relación con la perspectiva Fotográfica.

La perspectiva geométrica como resultado de la proyección cónica.

Los elementos primordiales que intervienen en la simplificación de la proyección cónica y las limitaciones de los mismos.

PERSPECTIVA GEOMETRICA. Proceso geométrico para determinar la perspectiva de un punto, por medio de la perspectiva caballera se verá la razón por la cual aparecen los puntos de fuga para los distintos tipos de rectas conocidas y la razón por la cual esos puntos son concurrencia para haces de rectas paralelas.

PERSPECTIVAS GEOMETRICAS. Perspectiva de Rectas. Se verá por medio de la perspectiva caballera la razón por la cual aparecen las rectas de fuga para los distintos tipos de planos conocidos y la razón por la cual esas rectas son de concurrencia para los conjuntos de planos paralelos.

PERSPECTIVA GEOMETRICA. De la manera en que las rectas de fuga son otros tantos horizontes y cada uno de ellos tiene las mismas características que el ordinario. Ejercicios de Adiestramiento. Información y solución de los problemas que aparecen durante el proceso.

**METODO DE ENSEÑANZA:** La enseñanza se realizará por Exposición y Trabajos prácticos.

**EVALUACION:** Se evaluará el trabajo del curso, se practicarán exámenes parciales y examen final.

**BIBLIOGRAFIA:** IZQUIERDO ASENSI FERNANDO.

Geometría Descriptiva.

Dossat, S.A. España.

TORRE MIGUEL DE LA.

Geometría Descriptiva. México.

#### PROGRAMA DE: GEOMETRÍA DESCRIPTIVA II.

Segundo semestre.	
Materia Obligatoria.	
Seriada con Geometría Descriptiva I.	
Horas Teóricas.	2
Horas Prácticas.	2
Créditos.	6

**OBJETIVO:** Se trata de una materia *informativa, formativa*, ya que da a conocer las formas y la manera de tratarlas y posteriormente la manera de aplicarlas en la composición de los elementos arquitectónicos.

**PROGRAMA CONDENSADO:** SUPERFICIE. Concepto de superficie y de los parámetros que deban existir para su formación. Clasificación de las superficies en función de la manera como se generan y de la desarrollabilidad o no desarrollabilidad.

Se ejecutarán ejemplos genéricos de las superficies en perspectiva caballera y el alumno hará representación gráfica y volumétrica de las mismas.

SUPERFICIES. Superficies regladas. Generación de una superficie reglada. El cono como superficie tipo de reglada y sus casos particulares, (cilindro, pirámide, y prisma). Principio de desarrollabilidad de las superficies. Desarrollo del cono cualquiera y cono recto u oblicuo de base circular.

CONOIDES. El cono como elemento director en la generación de las superficies conoides.

INTERSECCIONES. Métodos y procedimientos lógicos y racionales para la intersección de superficies.

**SUPERFICIES DE REVOLUCIÓN.** Generación de las superficies de revolución en particular el Hiperboloide de revolución y las superficies cónicas.

**SUPERFICIES DE GENERACION PROPIA.** Generación de las superficies que por sus cualidades específicas no pueden ser incluidas en los grupos de superficies anteriores.

**PROYECCIONES OBLICUAS.** (Cilíndricas). Proyecciones cilíndricas oblicuas y su aplicación en el trazo de las sombras y asoleamiento.

**PROYECCIONES CÓNICAS.** Proyecciones cónicas y la utilidad que éstas brindan en el estudio de la iluminación en el interior de los objetos arquitectónicos.

**METODO DE ENSEÑANZA:** La enseñanza se realizará por Exposición y Trabajos prácticos.

**EVALUACION:** Se evaluará el trabajo del curso, se practicarán exámenes parciales y examen final.

**BIBLIOGRAFIA:** IZQUIERDO ASENSI FERNANDO.

Geometría Descriptiva.

Dossat, S.A. España.

**PROGRAMA DE: PERSPECTIVA**

Área Diseño Sub-área Geometría y Dibujo.

Séptimo-Octavo Semestre.

Materia Optativa.

No seriada.

Horas Teóricas. 3

Horas Prácticas. 0

Créditos. 6

**OBJETIVO:** La perspectiva tiene como finalidad primordial la de representar gráficamente en volumen los Proyectos Arquitectónicos, y además la posibilidad al arquitecto de diseñar en volumen i no en plano.

**PROGRAMA CONDENSADO: GENERALIDADES.**

Breve reseña histórica.

Se expondrá a los alumnos: las generalidades de la materia haciendo énfasis en la importancia y ventajas del diseño en perspectiva y de la posibilidad de pasar directamente de la perspectiva a los geométrales (plantas alzados), o sea la restitución geométrica de los objetos arquitectónicos. Se hará del conocimiento de los alumnos cómo la perspectiva da la posibilidad de representar en perspectiva un objeto que solo existe en nuestra mente sin necesidad de haber dibujado previamente su planta y alzados.

La mecánica de la realización perspectiva. Los elementos básicos que intervienen en el tema. Las limitaciones geométricas en la perspectiva y las limitaciones ópticas en la misma.

**PROYECCION CONICA.** Se expondrá a los alumnos el sistema de las proyecciones cónicas. La determinación de la perspectiva de un objeto por medio de la proyección cónica. Se harán varios ejercicios utilizando estas proyecciones.

**PERSPECTIVA. ESCALAVERTICAL Y ESCALA DE PROFUNDIDADES. PUNTO Y RECTA.** Se hará del conocimiento del alumno como la perspectiva sólo goza de relaciones y proporciones y nunca de escala, dado que los elementos con que se trabaja la perspectiva pueden proporcionar partes de los objetos en verdadera forma y magnitud se aprovechan estas condiciones para construir las escalas que permiten relacionar y proporcionar los elementos de los objetos.

Se expondrá a los alumnos la manera de obtener en forma simplificada la perspectiva de un punto y la de todas y cada una de las rectas conocidas (horizontal, frontal, etc.).

Se realizarán ejercicios al respecto.

**PUNTOS DE CONCURSO (TRAZOS DE FUGA).** Se hará del conocimiento del alumno como un haz de rectas paralelas al alcanzar el plomo del infinito produce un punto y que la perspectiva de ese punto es el de concurso o punto de fuga.

Se determinarán los puntos de concurso para todas las rectas conocidas (horizontal, de perfil, etc.) y se realizarán ejercicios de obtención así como de aplicación.

**RECTAS DECONCURSO (TRAZAS DE FUGA).** Se expondrá a los alumnos la manera como los planos al igual que las rectas tienen elementos a donde concurren haces de planos paralelos. Se realizarán ejercicios tanto de obtención como de aplicación.

**ENVOLVENTES, PERSPECTIVAS. AMPLIFICACION DE PERSPECTIVAS.** Con los conocimientos adquiridos el alumno aprenderá a trazar envolventes planas y volumétricas sin perder de vista el proporcionamiento justo de los elementos que las componen. Así mismo aprenderá a subdividir las envolventes de manera de obtener modulaciones diversas en las tres dimensiones. El alumno aprenderá a amplificar las perspectivas y a manejar los elementos que permiten dicha amplificación. Se harán ejercicios relativos al tema.

**EJERCICIOS.** El alumno ejecutará ejercicios de adiestramiento en el manejo de todos los conocimientos adquiridos anteriormente y realizará la perspectiva del concurso que deba presentar en el taller de arquitectura.

**CÍRCULO Y POLIGONOS.** El alumno aprenderá a llevar la perspectiva de manera racional y simplificada círculos localizados en diversas posiciones en el espacio así como polígonos.

Se realizarán ejercicios de comprensión y aplicación del tema.

**PERSPECTIVA DE OJO DE PAJARO.** El alumno aprenderá el procedimiento para realizar perspectivas a ojo de pájaro utilizando los conocimientos adquiridos anteriormente. Se realizarán ejercicios al respecto.

**PERSPECTIVA A OJO DE HORMIGA.** El alumno aprenderá el procedimiento para realizar perspectivas a ojo de hormiga utilizando los conocimientos anteriormente adquiridos. Se realizarán ejercicios al respecto.

**RESTITUCION GEOMETRICA.** El alumno aprenderá a restituir los geométrales de un objeto arquitectónico diseñado directamente en la perspectiva y realizará ejercicios respectivos al tema.

**SOMBRAS CON LUZ DE SOL.** El alumno aprenderá a trazar las sombras de los objetos arquitectónicos, conociendo de antemano la posición del sol en un día y hora determinados. Se realizarán ejercicios al respecto.

**GEOMETRIA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

SOMBRAS CON LUZ ARTIFICIAL. El alumno aprenderá a trazar las sombras producidas por puntos luminosos considerados en el espacio de la perspectiva.

Aprenderá también a trazar reflejos de los objetos arquitectónicos sobre superficies reflejantes. Se realizarán ejercicios al respecto.

ESFERA. El alumno aprenderá el tratamiento especial de la esfera en perspectiva y el trazo de sus sombras tanto propias como arrojadas. Se realizarán ejercicios al respecto.

METODO DE ENSEÑANZA: La enseñanza se realizará por Exposición y Trabajos prácticos.

EVALUACION: Se evaluará a base de los trabajos ejecutados durante el curso.

BIBLIOGRAFIA: F.T.D.  
Tratado Práctico de Perspectiva.  
Editorial Gustavo Gili, S.A., 1971. España.

**PROGRAMA DE: GEOMETRÍA DESCRIPTIVA III.**

Área Diseño Sub-área Geometría y Dibujo.

Séptimo-Octavo Semestre.

Materia Optativa.

No seriada.

Horas Teóricas. 3

Horas Prácticas. 0

Créditos. 6

OBJETIVO: La Geometría Descriptiva denominada Tres, tiene como finalidad instruir al alumno en el manejo de la esfera para lograr la posibilidad del diseño de estructuras geodésicas.

Se hará como primera parte del curso un *recordatorio* de los principios fundamentales de la Geometría Descriptiva y de sus aplicaciones al diseño arquitectónico.

El alumno aprenderá a manejar los diversos elementos que se pueden distinguir en la esfera, y los problemas de estos elementos presentan en el diseño de geodésicas.

El alumno aprenderá el trazo y manejo de las geodésicas de primer orden.

Se hará del conocimiento del alumno las leyes estipuladas por Euclides para el tratamiento de los cuerpos inscritos o circunscritos a la esfera. El alumno hará ejercicios para la comprensión de las leyes y los trazos que implican así como ejercicios de adiestramiento en el manejo de las mismas.

El alumno aprenderá el trazo y manejo de las geodésicas de segundo orden y realizará ejercicios y proposiciones en este campo.

Se expondrá al alumno el proceso de cálculo de la amplitud de los ángulos y la magnitud de las barras. El alumno hará un ejercicio de cálculo de dimensión de una geodésica de segundo orden.

El alumno aprenderá el trazo y manejo de las geodésicas de tercer orden y realizará ejercicios y proposiciones al respecto.

Con los conocimientos anteriormente adquiridos el alumno diseñará geodésicas aplicadas a problemas arquitectónicos particulares y presentará planos completos de trazo, cálculo de dimensión y maqueta. El alumno recibirá asesoría durante el desarrollo del trabajo.

METODO DE ENSEÑANZA: El curso se impartirá por exposición de los temas. Taller y trabajos prácticos.

EVALUACION: La evaluación se hará por el trabajo realizado durante el curso.

BIBLIOGRAFIA: IZQUIERDO ASENSI FERNANDO.  
Geometría Descriptiva.  
Editorial Dossat, 1967, España.  
LUCA PACCIOLI.  
La Divina Proporción.  
Editorial Losada, 1967. Argentina.

**PROGRAMA DE: ESTEREOTOMIA.**

Área Diseño Sub-área Geometría Descriptiva.

Sexto Semestre.

Materia Optativa.

No seriada.

Horas Teóricas. 2

Horas Prácticas. 2

Créditos. 6

OBJETIVO: La Estereotomía tiene como finalidad hacer del conocimiento del alumno el aspecto formal de los diversos elementos arquitectónicos, y basado en ese aspecto formal, la función estructural de los mismos.

PROGRAMA CONDENSADO: GENERALIDADES. Se informará al alumno del contenido y finalidad de la materia y de la importancia que tienen los conocimientos adquiridos tanto en el diseño arquitectónico como en el estructural y en la realización de los objetos arquitectónicos.

LOS ELEMENTOS ARQUITECTONICOS A CONSIDERAR. El alumno será informado de los diversos tratamientos que se pueden dar a los elementos arquitectónicos. Como son muros, puertas, ventanas, cubiertas, escaleras, rampas.

MUROS. Se hará del conocimiento del alumno, las distintas formas de muro que se consideran generalmente haciendo énfasis en el despiezo conveniente, según cada una de las formas. Aprenderán a solucionar encuentros de muros bajo diversos ángulos ya sea con elementos planos o curvos.

VANOS. El alumno aprenderá a trazar las distintas formas de arcos desde los adintelados hasta los multilobulados, a despiezarlos correctamente y a darse cuenta perfectamente de la función estructural que se desprenden del despiezo.

CUBIERTAS. El alumno será informado de las diversas formas geométricas y sus combinaciones que se pueden utilizar para cubrir espacios. Aprenderá a despiezarlas para poderlas construir con diversos materiales.

CIRCULACIONES ENTRE DOS NIVELES. El alumno aprenderá todas y cada una de las condiciones que determinan el diseño de escaleras, escalinatas, rampas escalonadas y escaleras rampantes.

TRAZOS ARMONICOS. El alumno aprenderá a trazar relaciones, proporciones, armonías, ritmos, secuencias entre rectas y entre superficies.

METODO DE ENSEÑANZA: Exposición, investigación, trabajos prácticos.

EVALUACION: Trabajo realizado durante el curso.

BIBLIOGRAFIA: C. RANELLETI.

Geometría Descriptiva.

Gustavo Gili, 1968, España.

J. CHAIX.

Traité de Coupe des Pierres.

Georges Fanchon, 1964. Francia.

P. TOSTO.

La Composición Aurea en las Artes Plásticas.

Hachette, S.A., 1969. Argentina.

J. VILLAGRAN. G.

“Trazos Reguladores de la Composición Arquitectónica”

Colegio Nacional, 1971. México.

C. CHANFON.

Los trazos Reguladores de Proporción.

Churubusco, 1976. México.

## ANEXO 2

### 2.2 Geometría I

Objetivo General:

El discente definirá e interpretará el espacio geoméricamente en sus dos aspectos: racional o especulativo y técnico o práctico, de tal manera que sea capaz de crear un modo de expresión universal.

Objetivos Específicos:

- El discente conocerá las formas geométricas en el espacio, su generación y el manejo de las mismas para la creación del espacio arquitectónico.
- El discente conocerá la representación gráfica o proyección de las formas geométricas.
- El discente manejará la representación gráfica tridimensional por medio de la perspectiva.

Temario:

1. Antecedentes, definición, nomenclatura.
2. Análisis de clasificación, definición y generación de las formas geométricas.
3. Cuadrantes, monte en el espacio, monte constructiva.
4. El punto en el espacio.
5. Posiciones de la línea.
6. Posiciones del plano.
7. Trazas de rectas.
8. La superficie.
9. Intersecciones.
10. Movimientos auxiliares.
11. Proyecciones del círculo.
12. Perspectiva, generalidades.
13. Perspectiva aérea.
14. Tangencia.
15. Sombras.
16. Sombras en perspectiva.

Métodos de Enseñanza:

- Exposición por parte del docente.
- Ejercicios tridimensionales.
- Ejercicios en monte de los modelos tridimensionales.
- Aplicación de las formas geométricas a los elementos que forman el espacio arquitectónico.
- Trabajo grupal basado en el análisis de los ejercicios realizados.
- Discusión dirigida a partir de *investigación bibliográfica*.

Métodos de Evaluación:

- Exámenes parciales.
- Participación en clase.
- Trabajos realizados.
- Investigaciones.
- Examen final.
- Autoevaluación del discente.

Métodos de Enseñanza:

- Exposición por parte del docente.
- Ejercicios tridimensionales.
- Ejercicios en monte de los modelos tridimensionales.
- Aplicación de las formas geométricas a los elementos que forman el espacio arquitectónico.
- Trabajo grupal basado en el análisis de los ejercicios realizados.
- Discusión dirigida a partir de *investigación bibliográfica*.

Métodos de Evaluación:

- Exámenes parciales.
- Participación en clase.
- Trabajos realizados.
- Investigaciones.
- Examen final.
- Autoevaluación del discente.

### 2.3 Geometría II

Objetivo General:

El discente manejará el espacio geoméricamente, capacitándolo en la solución gráfica convencional de los problemas planteados en el espacio tridimensional por el proyecto arquitectónico.

Objetivos Específicos:

- El discente será capaz de resolver espacios arquitectónicos tanto en sus componentes como en los envolventes, aplicando las formas geométricas.

**GEOMETRÍA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

- El discente aplicará los conocimientos de la geometría en la solución de problemas específicos relacionados con diseño y construcción de la arquitectura.

Temario:

1. *Antecedentes de la creación del espacio arquitectónico.*
2. *Definición y análisis de las formas.*
3. *Superficies.*
  - 3.1. Clasificación.
  - 3.2. Desarrollos.
4. *El espacio a partir de superficies planas.*
  - 4.1. Superficies regladas desarrolladas.
  - 4.2. Intersecciones.
5. *El espacio a partir de superficies curvas.*
  - 5.1. Superficies regladas alabeadas.
  - 5.2. Superficies de Revolución.
  - 5.3. Intersecciones.
6. *El espacio a partir de la combinación de superficies planas y curvas.*
7. *Aplicaciones en el diseño y construcción.*
  - 7.1. Trazos.
  - 7.2. Escaleras.
  - 7.3. Cimbras.

Métodos de Enseñanza:

- Los mismos que para Geometría I, solamente aumenta el siguiente punto:
- Diseño de cimbras de estos elementos.

Métodos de Evaluación:

- El mismo que para Geometría I.

La bibliografía es la misma para los dos cursos:

Autor	Título	Año de Edición
• <b>Betancourt , Jorge</b>	<u>Elementos de la Geometría Descriptiva</u> , México Arte y Técnica. No especifica el año de edición.	1969 es el que se tiene en la biblioteca.
• <b>De la Torre, Miguel</b>	<u>Geometría descriptiva</u> , México. No especifica el año de edición.	1965, 1975 y 1983 son los que se tienen en la biblioteca.
• <b>Izquierdo, A. Fernando</b>	<u>Geometría descriptiva</u> , España, Dossat S.A. No especifica el año de edición.	1956 es el que se tiene en la biblioteca.
• <b>Adhemar, Joseph Alphonse, 1797-1862</b>	<u>Traité de géométrie descriptive</u> , este título es el que se encuentra en la biblioteca actualmente.	1873
• <b>Adhemar, Joseph Alphonse</b>	<u>Traité des Ombres</u> , Edit. Mathias, este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	1852
• <b>De la Torre, Miguel*</b>	<u>Perspectiva geométrica</u> , U.N.A.M., México.	¿
• <b>García Salgado, Tomás</b>	<u>Perspectiva Modular aplicada al Diseño Arquitectónico</u> , Editorial Trillas, México, este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	¿
• <b>Wright, Lawrence</b>	<u>Perspective in Perspective Routledge Keganah</u> , Londres Inglaterra, este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	1982
• <b>F.T.D.</b>	<u>Tratado de Perspectiva</u> , este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	¿
• <b>Pedoe, Daniel*</b>	<u>La geometría en el arte</u> , Barcelona España, Ed. Gili.	1979
• <b>Ghyka, Matila</b>	<u>The Geometry of Art an Life</u> , Dover Pub, New York, EUA, este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	1977
• <b>Alsina, Claudi</b>	<u>Lecciones de Algebra y Geometría</u> , Ed. G. Gili, Barcelona España, este título no se encuentra en la biblioteca actualmente.	1984

\*Libros sobre Geometría Descriptiva en subclase con temática de matemáticas contenidos en la clasificación de Q.Ciencia.

## ANEXO 3

### 3.1 Representación Gráfica I

Temario con contenido geométrico:

1. *La forma.*
  - 1.1. Punto, línea, plano y volumen.
2. *La Escala.*
  - 2.1. Medición.
  - 2.2. Representación a escala.
3. *Introducción al dibujo por Computadora.*

Métodos de Enseñanza:

Las dos fases de este curso tienen un carácter teórico-práctico, y el método de enseñanza-aprendizaje se estructura en torno a la exposición de conceptos teóricos y realización de ejemplos muestra ejecutados por el docente o especialista y la ejecución de ejercicios prácticos realizados por el discente en el taller o en el Centro de Cómputo de la Facultad, en el caso de la enseñanza del Diseño Asistido por Computadora.

Métodos de Evaluación:

Esta se hará a través de la demostración del discente del dominio y aplicación de los temas del mismo. Para lo cual se harán entregas parciales de ejercicios (por tema) a lo largo del curso y una entrega final que incluirá la totalidad de ejercicios realizados. Además en el caso del Diseño Asistido por Computadora se deberá presentar 2 exámenes escritos.

### 3.2 Representación Gráfica II

Temario con contenido geométrico:

1. *La percepción visual.*
  - 1.1. El fenómeno de la visión.
  - 1.2. Diversos métodos de representación especial utilizados en la historia.
  - 1.3. La perspectiva como representación.
2. *La perspectiva axonométrica y caballera.*
  - 2.1. Método geométrico de trazo.
  - 2.2. Ejercicios de aplicación: cuerpos geométricos, detalles arquitectónicos.
3. *La perspectiva lineal.*
  - 3.1. Historia y teorías de la perspectiva.
  - 3.2. Método geométrico de trazo.
  - 3.3. Problemas técnicos de la perspectiva arquitectónica.
  - 3.4. Perspectiva frontal (a un punto de fuga).
  - 3.5. Perspectiva a dos puntos de fuga.
  - 3.6. Ejercicios de aplicación: cuerpos geométricos, espacios arquitectónicos interiores y exteriores y detalles.

Métodos de Enseñanza:

Este curso tienen un carácter teórico-práctico, y el método de enseñanza-aprendizaje se estructura en torno a la exposición de conceptos teóricos y realización de ejemplos muestra ejecutados por el docente o especialista y la realización de ejercicios prácticos ejecutados por el discente en el taller o en el Campo.

Métodos de Evaluación:

Esta se hará a través de la demostración del discente del dominio y aplicación de los temas del mismo. Para lo cual se harán entregas parciales de ejercicios (por tema) a lo largo del curso y una entrega final que incluirá la totalidad de ejercicios realizados.

## ANEXO 4

### 5.1 Estereotomía

(Seriada obligatoriamente con Geometría I y II)

Objetivos: Fortalecer la capacidad del discente en la comprensión de las formas arquitectónicas, como resultante de una necesidad de proyecto, una intención expresiva y una tecnología disponible.

Temario:

1. *Aspectos Generales de la carpintería metálica.*
  - 1.1. Las máquinas y herramientas.
  - 1.2. El contexto científico y tecnológico que exigen.
  - 1.3. La producción rentable.
2. *Elementos formales a considerar.*
  - 2.1. Prismas, pirámides, cuerpos de revolución, superficies de traslación.
3. *Técnicas constructivas a considerar.*
  - 3.1. Normalización.
  - 3.2. Ensamblado.
  - 3.3. Montaje.
4. *Control geométrico de Taller y de Campo.*
  - 4.1. Trazos armónicos.
  - 4.2. Trazos en campo.

Métodos de Enseñanza:

- Exposición de los temas del curso por parte del docente.
- Investigación documental por parte del discente.
- Elaboración de trabajos prácticos parciales.

Métodos de Evaluación:

Con los trabajos realizados correspondientes a la temática del curso desarrollados durante el mismo.

Bibliografía:

Autor	Título	Año de Edición
• Chaix, J.	<u>Traite de Coupe des Pierres</u> , Georges Fanchon, Francia	1964
• Chanfón, C.	<u>Los trazos reguladores de proporción</u> , Churubusco, México.	1976
• Ranelletti, C.	<u>Geometría descriptiva</u> , Ed. Gustavo Gili, S.A. España.	1968
• Tosto, P.	<u>La Composición Aurea de las Artes Plásticas</u> , Hachette, S.A., Argentina.	1969
• Villagrán, J.	<u>Trazos Reguladores de la Composición Arquitectónica</u> , Colegio Nacional, México.	1971
• Sánchez, Ochoa, J.	<u>Cálculo Estructural en Acero</u> , Ed. Trillas.	1990
• Priest, Malcom	<u>Desing Manual for High-Strength Steels</u> , Usstelco.	1965
• N., Larburu	<u>El Trazado en el taller de Cancelería</u> , Ed. G. Gili.	1976
• F., Shanley	<u>Streash y Materials</u> , Wyley.	1966

### 5.4 Diseño Asistido por Computadora Avanzado

Sin antecedentes ni consecuentes, es decir, no está seriada con ninguna asignatura.

Objetivos: Que el dicente desarrolle su capacidad de diseño arquitectónico con la ayuda de un equipo de cómputo, con un sistema de diseño asistido por computadora y utilerías de ayuda arquitectónica.

Temario:

1. *Dibujo en tres dimensiones.*
  - 1.1. Elevación.
  - 1.2. Dibujo de plantas.
  - 1.3. Ángulos de visualización.
  - 1.4. Perspectivas.
2. *Superficies y sólidos.*
  - 2.1. Sólidos y relleno de sólidos.
  - 2.2. Superficies.
  - 2.3. Rotación sobre ejes.

Métodos de Enseñanza:

Este curso se deberá impartir, tanto la parte teórica como la parte práctica, dentro de una de las aulas del centro de cómputo.

Métodos de Evaluación:

Se realizará mediante la presentación de un examen escrito, más la entrega de un proyecto terminal, en el cual, y a criterio del docente y/o del coordinador del taller, se evaluará la aplicación del sistema CAD.

### 5.5 Perspectiva Modular

(Seriada obligatoriamente con Representación Gráfica I, II y III) y no es seriada con geometría.

Objetivos: El objetivo central del curso, es que el discente adquiera los conocimientos y desarrolle las habilidades necesarias para el dominio de la perspectiva aplicada al diseño arquitectónico, que vea en ella una herramienta de diseño, que le permitirá la representación tridimensional en proporciones a escala, con el rigor y exactitud que todo diseño profesional requiere.

Temario:

3. *Teoría e Historia de la perspectiva.*
  - 3.1. El primer Tratado de Perspectiva.
  - 3.2. La "Contruzione leggitima"
  - 3.3. El periodo Barroco (1600-1700).
  - 3.4. Los "Ilusionistas" (1700-1800).
  - 3.5. Escuela Francesa (1800-1900).
  - 3.6. Los contemporáneos (1900-1990).
4. *Problemas Técnicos de la Perspectiva.*
  - 4.1. Anamorfosis, fotografía y cuadratura.
  - 4.2. Perspectiva curvilínea y perspectiva invertida.
  - 4.3. Escenografía y trompe-l'oeil.
  - 4.4. Computadoras.
5. *Método de Perspectiva Modular / "Reglas y Redes".*
  - 5.1. Fundamentos Teóricos del Método Red Modular y sus diferencias con los métodos tradicionales.
  - 5.2. Descripción del modelo geométrico-matemático RM.
  - 5.3. Descripción de las reglas y redes modulares (RMS, RM2).
  - 5.4. Ejecución de los cinco casos de proyección puntual mediante el RM2.
  - 5.5. Ejecución de los cinco casos de proyección puntual mediante el RMS.
  - 5.6. Trazo de los planos de simetría X, Y (PLSX/PLSY).
  - 5.7. Ejercicios de aplicación con figuras geométricas sencillas.
  - 5.8. Ejercicios de aplicación con figuras geométricas complejas.
  - 5.9. Ejercicios planteados en base a conjuntos de volumetría sencilla.  
Ejercicios planteados en base a obras arquitectónicas famosas.  
Ejercicios planteados en base a proyectos de los discentes.

### 6. Ambientación Arquitectónica.

Métodos de Enseñanza:

El contenido temático del curso está estructurado en dos cuerpos de enseñanza, una manera de seminario y otro a manera de taller. Esto facilita el desarrollo de contenidos, a la vez permite la evaluación por unidades temáticas. El docente proporcionará todo el material didáctico de apoyo que se requiere en los temas 1 y 2, y promoverá la invitación de los docentes que participen en el tema 4.

Métodos de Evaluación:

Se divide en dos partes: la primera que corresponde al seminario se acreditará mediante un trabajo documental referente a la teoría e historia de la perspectiva. La segunda parte que corresponde al taller de perspectiva se acreditará mediante el cumplimiento de los ejercicios de aplicación. Esto permitirá que la evaluación final sea tanto cuantitativa como cualitativa.

### 6.3 Análisis de modelos para cubiertas de gran claro

(Seriada obligatoriamente con Estructuras I, II, y III).

Objetivos: El discente conocerá las diferentes posibilidades de cubiertas de gran claro y analizará las características particulares de cada sistema por medio de maquetas y modelos de *medición*. Representar éstos a través de planos arquitectónicos, el desarrollo de las *formas* y modelos a escala.

Temario:

1. Geometría aplicada a las estructuras.
2. Generalidades de los sistemas.
3. Clasificación de los sistemas.
4. Estructuras neumáticas.
5. Velarias o lonarias.
6. Redes de cable.
7. Reticulares anticatenarias.
8. Estructuras espaciales.

Métodos de Enseñanza:

- Técnicas de exposición: exposición con preguntas, estudios de caso.
- Técnicas de demostración: con materiales impresos, observación directa de la situación por medio de modelos.
- Técnicas de participación: comisiones de investigación y trabajo de laboratorio.

Métodos de Evaluación:

- Participación del discente durante el proceso del curso.
- Trabajos de aplicación.
- Trabajos de investigación.
- Prácticas de laboratorio.

## ANEXO 5

### GEOMETRÍA EN EL TALLER DE ARQUITECTURA II

1. **Introducción, antecedentes, orígenes e historia de la geometría**
2. **Definiciones y teoría de la geometría**
  - 2.1. Geometría y conocimiento
  - 2.2. Geometría y constructivismo
  - 2.3. El concepto de exactitud
  - 2.4. Las disciplinas afines
3. **Geometría plana**
  - 3.1. Forma y figura
  - 3.2. Trazo de polígonos
  - 3.3. Trazo, medición y división de ángulos y rectas
4. **Geometría del espacio**
  - 4.1. Poliedros
  - 4.2. Trazo
  - 4.3. Dimensión
  - 4.4. Volumen
  - 4.5. Superficie, línea y punto
  - 4.6. Percepción y abstracción espacial
  - 4.7. Concepción del espacio arquitectónico
  - 4.8. Proyección del espacio y el registro descriptivo
  - 4.9. Explanación y monte
5. **El recurso de la geometría descriptiva en el planteamiento y solución de problemas arquitectónicos**
  - 5.1. La ortogonalidad, el paralelismo, la perpendicularidad y la tangencia
6. **Los elementos del espacio y su registro**
  - 6.1. El punto, la línea (recta y no recta) y el plano
  - 6.2. Su registro en los planos de proyección
  - 6.3. Intersección
  - 6.4. Visibilidad
7. **Movimientos auxiliares**
  - 7.1. Giros
  - 7.2. Cambios de plano
  - 7.3. Abatimiento
8. **Verdadera forma y magnitud**
  - 8.1. Verdadera forma
  - 8.2. Verdadera magnitud
  - 8.3. Angulo entre planos
9. **Nociones de perspectiva**

### Bibliografía básica para taller de arquitectura I y II

#### Geometría:

- BETANCOURT, Jorge. *Elementos de Geometría Descriptiva*. Arte y Técnica, México.
- COXETER, H. S. M. *Fundamentos de geometría*, Limusa, México, 1971.
- DE LA TORRE, Miguel. *Geometría Descriptiva*, México.

### GEOMETRÍA EN EL TALLER DE ARQUITECTURA III

1. **El espacio y la superficie**
  - 1.1. Concepto de la superficie
  - 1.2. Clasificación y análisis formal del espacio
2. **Superficies regladas**
  - 2.1. Regladas simples (Desarrollables)
    - a) Cónicas
    - b) Cilíndricas
  - 2.2. Regladas alabeadas (No Desarrollables)
    - a) Paraboloide Hiperbólico
    - b) Helicoides
  - 2.3. Doble curvatura
    - a) Hiperboloide
    - b) Hiperboloide de un manto
    - c) Hiperboloide de revolución
    - d) conoides
  - 2.4. Superficie de Revolución
    - a) Esfera
    - b) Toro
    - c) Paraboloide elíptico
3. **Formas**
  - 3.1. Formas cúbicas:

- a) Prismas rectos
- b) Prismas cónicos
- 3.2. Formas esféricas:
  - a) Esfera
  - b) Desarrollos y secciones
- 3.3. Intersecciones complejas:
  - a) Cilindro-cilindro
  - b) Cilindro-cono
  - c) Cono-cono
  - d) Prisma-esfera
  - e) Cilindro-esfera

**4. Lugar de la geometría en el concepto de la estructura**

**GEOMETRÍA DEL TALLER DE ARQUITECTURA IV**

- 1. Creatividad y geometría**
  - 1.1. La concepción del espacio y la forma arquitectónica
- 2. La geometría y la perspectiva**
  - 2.1. Expresión, comunicación y lenguaje
  - 2.2. Isometría, axonometría y proyección cónica
- 3. Registro geométrico de sombras**
  - 3.1. Sombras en geometral
  - 3.2. Sombras en perspectiva
- 4. La geometría y los procesos constructivos-estructura**
- 5. La geometría y el diseño de elementos constitutivos de una obra arquitectónica**
  - 5.1. Poliedros platónicos, y semirregulares. Inserción del hombre en el espacio
  - 5.2. Geodésicas
- 6. Análisis geométricos de obras arquitectónicas**

**Bibliografía básica para taller de arquitectura III y IV**

**Geometría:**

- BETANCOURT, Jorge. *Elementos de Geometría Descriptiva*. Arte y Técnica, México.
- GARCÍA Salgado, Tomás. *Perspectiva Modular aplicada al Diseño Arquitectónico*, Trillas, México.
- IZQUIERDO A, Fernando. *Geometría Descriptiva*, Dossat S.A. Madrid.
- PEDOE, Dan, *La Geometría en el Arte*, Gustavo Gili, Barcelona, 1979.

## ANEXO 6

### GEOMETRÍA I

**Semestre:** Primero

**Etapas de formación:** Básica

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Obligatorio

**Tipo de asignatura:** Teórica/práctica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/semestre:** 2/32

**Créditos:** 3

**Asignatura precedente:** Ninguna

**Asignatura subsecuente:** Geometría II

#### OBJETIVO GENERAL

El alumnado *representará* los objetos en el espacio tridimensional sobre una superficie bidimensional en los procesos de diseño mediante la aplicación del conjunto de conocimientos y técnicas precisas en la obtención de la verdadera forma y magnitud (VFM) de los lugares geométricos con la finalidad de construir el objeto.

#### CONTENIDO TEMÁTICO

##### Tema 1 **Introducción al estudio de la geometría**

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Las herramientas manuales y tecnológicas de trabajo, instrumentos y métodos de precisión
- 1.3. Escalas y proporciones
- 1.4. Modulaciones espaciales y bidimensionales
- 1.5. Redes geométricas

##### Tema 2 **Concepto del espacio**

- 2.1. La visualización en 3D
- 2.2. Los planos de proyección

##### Tema 3 **Proyecciones ortogonales diédricas**

- 3.1. Diedro
- 3.2. Montea. Visibilidad en montea

##### Tema 4 **Lugares geométricos en el espacio**

- 4.1. Punto
- 4.2. Recta
- 4.3. Plano

##### Tema 5 **Movimientos auxiliares para la resolución de problemas**

##### Tema 6 **Intersecciones**

- 6.1. Objetos que se cruzan
- 6.2. Objetos que se intersectan
- 6.3. Intersecciones de rectas con planos
- 6.4. Intersecciones con planos

##### Tema 7 **Modelo de composición geométrica**

### GEOMETRÍA II

**Semestre:** Segundo

**Etapas de formación:** Básica

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Obligatorio

**Tipo de asignatura:** Teórica/práctica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/semestre:** 2/32

**Créditos:** 3

**Asignatura precedente:** Ninguna

**Asignatura subsecuente:** Geometría III

#### OBJETIVO GENERAL

El alumnado *generará* objetos en el espacio a partir del análisis y síntesis de los elementos básicos de la geometría, punto, recta y plano, geometrías complejas para construir superficies y volúmenes con los que se generarán objetos en el espacio para la solución de problemas de construcción y diseño avanzado.

#### CONTENIDO TEMÁTICO

##### Tema 1 **Poliedros**

- 1.1. Platónicos
- 1.2. De Kepler y Arquimediano

##### Tema 2 **Fundamentos de la generación de las superficies**

- 2.1. Regladas desarrollables
- 2.2. Regladas no desarrollables
- 2.3. Superficies de Revolución
- 2.4. Superficies irregulares y de generación particular

##### Tema 3 **Criterios de construcción de superficies y su aplicación práctica**

##### Tema 4 **Intersecciones**

- 4.1. Intersección de cuerpos de generación paralela
- 4.2. Intersección de cuerpos de generación cónica
- 4.3. Intersección de cuerpos de diversas generaciones y otros

**Tema 5 Superficies de forma libre**

- 5.1. Introducción
- 5.2. Generadas a partir de líneas curvas editables

**Tema 6 Empleo de la geometría en la solución de elementos y sistemas constructivos diversos**

- 6.1. Cimbras
- 6.2. Cubiertas
- 6.3. Rampas
- 6.4. Escaleras, entre otros

**Tema 7 Modelo de composición geométrica**

**GEOMETRÍA III**

**Semestre:** Tercero

**Etapas de formación:** Desarrollo

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Obligatorio

**Tipo de asignatura:** Teórica/práctica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/sestres:** 2/32

**Créditos:** 3

**Asignatura precedente:** Geometría I y II

**Asignatura subsecuente:** Ninguna

**OBJETIVO GENERAL**

El alumnado *identificará* las formas geométricas en edificios característicos en la arquitectura mediante la representación de la proyección aparente de la trayectoria del sol en forma gráfica, trazando los objetos tridimensionales en su representación bidimensional para la comprensión exhaustiva de los cuerpos en el espacio y en su aplicación directa sobre el proyecto en estudio.

**CONTENIDO TEMÁTICO**

**Tema 1 Proyecciones axonométricas**

- 1.1. Dimetría
- 1.2. Trimetría
- 1.3. Isometría
- 1.4. Perspectiva axonométrica
  - Militar
  - Isométrico
  - Caballera

**Tema 2 Geometría solar**

- 2.1. Fundamentos astronómicos. Coordenadas solares
- 2.2. Tipos de gráficas solares
- 2.3. Trazo de la gráfica solar cilíndrica
- 2.4. Métodos analíticos
- 2.5. Aplicaciones: control solar y estudios de asoleamiento
- 2.6. Relojes de sol

**Tema 3 Sombras con luz natural y artificial**

- 3.1. En montea
- 3.2. En proyecciones axonométricas

**Tema 4 Trazo geométrico de la perspectiva**

- 4.1. Elementos de la geometría: plano de cuadro, puntos de fuga, visual principal y visual auxiliar, observador y punto principal
- 4.2. Determinación de la escala de la perspectiva
- 4.3. La perspectiva del plano oblicuo: vista plafonante y vista a ojo de pájaro
- 4.4. Manejo de sombras en perspectiva

**Tema 5 Geodésicas**

**Tema 6 Análisis geométrico de obras arquitectónicas en México y en el mundo**

## ANEXO 7

### GEOMETRÍA CON MODELO VIRTUAL

**Semestre:** Sexto a décimo

**Etapas de formación:** Consolidación y síntesis

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Optativa E

**Tipo de asignatura:** Teórica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/semestre:** 2/32

**Créditos:** 4

**Asignatura precedente:** Ninguna

**Asignatura subsecuente:** Ninguna

**OBJETIVO GENERAL**

El alumnado *construirá* objetos en un espacio virtual con modelación tridimensional, para su aplicación en los procesos de diseño.

**CONTENIDO TEMÁTICO**

#### Tema 1 **Introducción al estudio de la geometría descriptiva virtual**

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Diferentes ambientes de trabajo 3D y 2D
- 1.3. Escalas y proporciones
- 1.4. Modulacion espacial y bidimensional

#### Tema 2 **Concepto del espacio virtual**

- 2.1. La visualización en 3D
- 2.2. Crear, mover, rotar, cambiar de tamaño
- 2.3. Deformar objetos, doblarlos, comprimirlos

#### Tema 3 **Creación y manipulación de objetos 3D**

- 3.1. Crear figuras básicas de geometría
- 3.2. Crear figuras resultado de transformaciones
- 3.3. Partiendo de una figura básica
- 3.4. Editar geometría

#### Tema 4 **Modelado de mallas poligonales**

- 4.1. Bases del modelado poligonal
- 4.2. Edición de mallas poligonales

#### Tema 5 **Modelado de Superficies**

- 5.1. Bases del modelado con cuadrículas de corrección
- 5.2. Subdividir una cuadrícula de corrección

#### Tema 6 **Modelado con NURBS (líneas curvas editables, racionales no uniformes)**

- 6.1. Bases del modelado con NURBS
- 6.2. Subdividir una superficie NURBS
- 6.3. Diferentes métodos de creación con NURBS

### GEOMETRÍA DIFERENCIAL

**Semestre:** Sexto a décimo

**Etapas de formación:** Consolidación y síntesis

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Optativa E

**Tipo de asignatura:** Teórica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/semestre:** 2/32

**Créditos:** 4

**Asignatura precedente:** Ninguna

**Asignatura subsecuente:** Ninguna

**OBJETIVO GENERAL**

El alumnado *aplicará* la geometría de superficies o variedades diferenciales de tres dimensiones inmersas en variedades de Riemann mediante el conocimiento de definiciones y métodos para el análisis de curvas simples en el espacio euclideo tridimensional.

**CONTENIDO TEMÁTICO**

#### Tema 1 **Teoría de las curvas en el espacio euclideo tridimensional y en el plano bidimensional**

- 1.1. Principales curvas y su ubicación en el espacio tridimensional y bidimensional

#### Tema 2 **Superficies en el espacio afín y en el espacio euclideo**

- 2.1. Determinación de las formas arquitectónicas estableciendo las diferencias entre las superficies en el espacio afín y espacio euclideo

#### Tema 3 **Geometría intrínseca y extrínseca de superficies**

- 3.1. Propiedades geométricas de las superficies en los espacios afín y euclideo

#### Tema 4 **Discretización de superficies: clases especiales y parametrizaciones**

- 4.1. Conversión de las curvas y superficies a sus equivalentes y polígonos
- 4.2. Mallas y complejos simpliciales para su análisis mediante modelos informáticos

#### Tema 5 **Curvaturas de las curvas y superficies discretas**

- 5.1. Las variaciones de dirección del vector tangente a una curvatura dada para conocer su ecuación paramétrica

Tema 6 **Realizaciones geométricas de combinatoria de superficies**

- 6.1. Obras arquitectónicas contemporáneas realizadas mediante métodos diferenciales

Tema 7 **Procesamiento geométrico y modelado con geometría diferencial y geometría diferencial discreta**

- 7.1. Modelos digitales de superficies generadas por métodos diferenciales y su aplicación a proyectos arquitectónicos y Estructurales

**GEOMETRÍA SOLAR**

**Semestre:** Sexto a décimo

**Etapa de formación:** Consolidación y síntesis

**Área de conocimiento:** Proyecto

**Carácter:** Optativa E

**Tipo de asignatura:** Teórica

**Modalidad:** Curso

**Horas semana/semestre:** 2/32

**Créditos:** 4

**Asignatura precedente:** Ninguna

**Asignatura subsecuente:** Ninguna

**OBJETIVO GENERAL**

El alumnado *identificará* la trayectoria aparente del sol alrededor de la tierra de manera gráfica y analítica mediante el conocimiento de modelos matemáticos, físicos y experimentales para la determinación de las coordenadas solares y el establecimiento de las estrategias de asoleamiento de un proyecto urbano-arquitectónico determinado.

**CONTENIDO TEMÁTICO**

Tema 1 **Antecedentes y generalidades**

- 1.1. Relación Sol-Tierra  
1.2. Husos horarios  
1.3. Concepto de tiempo solar verdadero (TSV)

Tema 2 **Métodos y modelos de análisis**

- 2.1. Modelos gráficos: monte solar cilíndrica, esférica, cartesiana, polar, proyección gnomónica, equidistante y estereográfica

Tema 3 **Modelos matemáticos de trayectoria solar**

- 3.1. Modelos informáticos: programas de simulación de trayectoria solar

Tema 4 **Modelos físicos y experimentales: heliodones y helioscopios**

- 4.1. Estudio de los asoleamientos en proyectos arquitectónicos haciendo uso de heliodones y helioscopios

Tema 5 **Relojes solares**

- 5.1. Principios de la gnomónica en los relojes solares  
5.2. Aplicación de los relojes solares como herramienta de diseño en la arquitectura

Tema 6 **Orientaciones**

- 6.1. Estudio de la ubicación y alineaciones óptimas de los espacios y su relación con las condiciones de confort de los usuarios

Tema 7 **Evaluación de dispositivos de control solar. Empleo de los diagramas de sombreado**

- 7.1. Empleo de los diagramas de sombreado  
7.2. Dispositivos de control solar utilizados para la protección de verano

Tema 8 **Aplicaciones al proyecto urbano-arquitectónico**

- 7.1. Consideraciones para el diseño de un dispositivo de control solar para una ventana basado en una proyección Estereográfica

## ANEXO 8

### Estructura de las enseñanzas. Explicación general de la planificación del Plan de Estudios

Descriptores por cursos y Unidades Docentes:

Curso primero

#### UD 2. REALIDAD Y REPRESENTACIÓN

Sistemas de representación. **El dibujo**, mapas, planos. Topografía. **Proporción y escala**. Geografía, clima y **soleamiento**. Conocimiento y expresión del entorno. Toma de datos. Los flujos. La temporalidad. Lo permanente y lo efímero. El procedimiento inductivo y las intuiciones. La representación con modelos.

Curso segundo

#### UD 3. FORMA, CONSTRUCCIÓN Y LUGAR

El concepto de espacio. La luz. La función y las actividades. **La geometría. La construcción de la forma**. Sistemas de aproximación al lugar. El entorno. Adaptación al medio. La experimentación y el ensayo. Estructuras de trabajo.

SEMESTRE	ASIGNATURA	CARACTER	ECTS	
3º	Proyectos 2	Obligatoria	6	30
	Expresión Gráfica Arquitectónica 3	Básica	6	
	Análisis de Formas Arquitectónicas	Básica	6	
	Fundamentos Físicos aplicados a las Instalaciones	Básica	6	
	Fundamentos Matemáticos en la Arquitectura	Obligatoria	6	

Curso tercero

#### UD 5. SOCIEDAD Y CIUDAD I

La ciudad y lo colectivo. Multiactividad y ocupación del espacio urbano. Contexto social. Usos colectivos, hibridaciones, comunidades. Intercambios. Participación ciudadana. Análisis urbano. Programas. Geografía de la ciudad. Historia urbana. Vivienda experimental/vivienda colectiva. Definición de lo público y lo privado. Proyecto urbano y espacio público. **Tecnologías de información y comunicación (TIC) aplicadas a la arquitectura**. Fundamentos de estructuras: dibujos, tipos y sistemas.

### Descripción detallada de los módulos o materias de enseñanza-aprendizaje de que consta el plan de estudios

Materia: Denominación del módulo / materia: Expresión Gráfica y Técnicas de Dibujo / Expresión Gráfica I

Créditos ECTS: 12

Unidad temporal: Primer curso (primer y segundo semestres)

Requisitos previos: ninguno

Carácter: Formación básica, Obligatorias

Contenidos de módulo/materia.

Dibujo arquitectónico y de urbanismo: toma de datos, apuntes, croquis y levantamientos de arquitectura y de urbanismo. Representación del terreno, cartografía. **Geometría descriptiva**. Procedimientos de dibujo e **instrumentación digital**.

Resultados de aprendizaje: Al finalizar esta materia el estudiante deberá:

Dominar los procedimientos gráficos en la representación de espacios y objetos arquitectónicos, dominar la representación de los atributos visuales de los objetos arquitectónicos, el uso de la proporción y las técnicas del dibujo. *Conocer y aplicar* los sistemas de representación espacial, **la geometría métrica y proyectiva**, las técnicas de levantamiento gráfico y las bases de topografía, hipsometría y cartografía y **las técnicas de modificación del terreno**.

Descripción de las materias o asignaturas

Denominación	Créditos ECTS	Carácter
Expresión Gráfica Arquitectónica 1	6	Básica
Expresión Gráfica Arquitectónica 2	6	Básica

Materia: Denominación del módulo /materia: Intensificación formativa / Matemáticas II

Créditos ECTS: 6

Unidad temporal: Segundo curso (tercer semestre)

Requisitos previos: Haber adquirido adecuadamente las competencias descritas en la materia básica Matemáticas I

Carácter: Obligatorias

Contenidos de módulo/materia.

**Geometría diferencial**. Ecuaciones diferenciales de orden superior. Aplicaciones. Ampliación de los conocimientos de Cálculo numérico y del Método de elementos finitos, adquiridos en Fundamentos Matemáticos en la Arquitectura 1 y aplicaciones en los problemas de Arquitectura.

Resultados de aprendizaje: Al finalizar esta materia el estudiante deberá: Dominar del cálculo numérico, la **geometría analítica y diferencial** y los métodos algebraicos.

Descripción de las materias o asignaturas

Denominación	Créditos ECTS	Carácter
Fundamentos Matemáticos en la Arquitectura 2	6	Optativa

Materia: Denominación del módulo /materia: Intensificación Formativa / Matemáticas aplicadas a la Arquitectura y el Urbanismo

**GEOMETRIA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

Créditos ECTS: 6

Unidad temporal: Tercer curso (sexto semestre); Cuarto curso (octavo semestre); Quinto curso (noveno semestre)

Requisitos previos: Haber adquirido adecuadamente las competencias descritas en la materia básica Matemáticas.

Carácter: Optativas

Contenidos de módulo/materia.

Teorías Matemáticas de la Proporción en Arquitectura. Teoría de la Simetría en Arquitectura y Urbanismo. **Geometrías equiforme, afín, proyectiva y fractal.**

Resultados de aprendizaje: Al finalizar esta materia el estudiante deberá:

Dominar el cálculo numérico, **la geometría analítica y diferencial** y los métodos algebraicos.

Descripción de las materias o asignaturas

Denominación	Créditos ECTS	Carácter
Matemáticas aplicadas a la Arquitectura y el Urbanismo	6	Optativa

**Procedimiento de adaptación, en su caso, de los estudios existentes al nuevo plan de estudio**

PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTO (2003)			PLAN DE ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA		
ASIGNATURA	TIPO	CRÉD	ASIGNATURA/S	TIPO	ECTS
Geometría Descriptiva	[O]	15	Expresión Gráfica Arquitectónica 1	[B]	6
			Expresión Gráfica Arquitectónica 2	[B]	6
Dibujo	[T]	18	Análisis de Formas Arquitectónicas 1	[B]	6

*T: troncal O: obligatoria OP: optativa B: Materias Básicas*

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA 1**

Curso 2018-2019

(Fecha última actualización: 12/05/2018)

MÓDULO: Formación Básica / Expresión Gráfica y Técnicas de Dibujo

MATERIA: Expresión Gráfica I

CURSO: 1º

SEMESTRE: 1º

CRÉDITOS: 6

TIPO: Básico

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Prerrequisitos:

Tener conocimientos básicos sobre sistemas de representación, geometría plana y descriptiva.

Recomendaciones:

- Haber cursado asignaturas de carácter gráfico en las enseñanzas preuniversitarias.
- Poseer habilidades en el uso de las principales herramientas gráficas.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS**

El arquitecto del futuro tiene que desarrollar excelentes técnicas de expresión gráfica. La concepción de cualquier arquitectura implica dominar el paso de las dos dimensiones del plano a las tres dimensiones del espacio. Por eso, aunque en el temario aparecen algunos conceptos de geometría descriptiva, la asignatura EGA1 responde a una exigencia que va más allá de esta antigua disciplina: es la introducción a la arquitectura a partir de la teoría y la práctica del dibujo. Vivimos un cambio de paradigma: el impacto de las nuevas tecnologías y la velocidad del cambio están conformando no sólo lo que hacemos sino como lo hacemos, por eso esta asignatura trasciende el concepto castizo del diédrico clásico abordando desde el primer momento tanto el dominio del diédrico directo o posicional como de los demás sistemas de proyección. Incluso cuando tratemos la resolución de problemas de geometría descriptiva más o menos convencional, se iniciará al alumno con numerosos ejemplos específicos de arquitectura tanto históricos como contemporáneos. Por lo tanto, la asignatura aborda con claridad y precisión la introducción a los métodos de expresión gráfica comenzando por los elementos más sencillos (punto, recta, plano...) hasta los más complejos (superficies, intersección de volúmenes arquitectónicos, cúpulas, bóvedas, ...) sin omitir exponer desde el primer momento las reglas del trazado de sombras (excelente aplicación de la intersección de recta con plano y, al mismo tiempo ejemplo del manejo de un material tan fundamental en arquitectura como la luz. Finalmente -y no por ello menos importante termina el curso con el cálculo de soleamiento cuyo dominio resulta cada vez más crucial en el proyecto arquitectónico. La asignatura se concibe, pues, desde una perspectiva exclusivamente arquitectónica y, por lo tanto, se dirige a estudiantes de arquitectura y su contenido apenas tiene más puntos en común con los estudios de ingenierías que, tan sólo, dos temas muy específicos (cubiertas y terrenos).

**OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)**

Capacitar al alumnado a utilizar las técnicas e instrumentos geométricos necesarios para la representación gráfica de la realidad espacial.

Desarrollo de su comprensión y capacidad de lectura del espacio a partir de la representación plana de las formas.

Conocimiento de las formas geométricas, y su manipulación en la representación gráfica.

**TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA**

**1.- Superficies. La esfera.**

Superficies. Definiciones y conceptos generales. Clasificación y propiedades. Contorno aparente. Plano tangente. Superficies de revolución. Generación y representación de la esfera. Contornos aparentes. Situación de un punto en su superficie. Planos tangentes. Sección plana. Intersección con recta. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de la esfera.

**2.- Superficies poliédricas regulares.**

Poliedros regulares y semirregulares. Poliedros conjugados. Fórmula de Euler. Poliedros regulares: Geometría y secciones especiales. Representación. Esfera inscrita, circunscrita y tangente a las aristas. Secciones a la esfera por los planos del poliedro. Poliedros semirregulares. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Cúpulas geodésicas.

**3.- Superficies poliédricas radiadas pirámides y prismas.**

Representación. Contornos aparentes. Situación de un punto sobre la superficie. Secciones planas. Intersección con recta. Desarrollos. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de pirámides y prismas.

**4.- Superficies radiadas conos y cilindros.**

Generación y representación. Contorno aparente. Situación de un punto sobre la superficie. Planos tangentes. Intersección con recta. Secciones planas de conos y cilindros. Análisis del tipo de cónica sección. Teorema de Dandelin. Desarrollos. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de conos y cilindros.

**5.- Superficies regladas.**

Hiperboloide reglado. Generación y representación. Paraboloide hiperbólico. Generación y representación. Helicoides axiales. Conoides. Capialzados. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**6.- Sistema acotado.**

Concepto de pendiente e intervalo. Representación de los elementos. Procedimientos gráficos. Cubiertas Resolución de cubiertas. Faldones de igual pendiente. Faldones de distinta pendiente. Aleros a distinto nivel. Aleros inclinados. Aleros circulares.

**7.- Representación del terreno.**

Perfiles. Explanaciones. Viales. Representación del terreno. Curvas de nivel. Secciones y perfiles. Conos de talud. Superficies de talud. Desmontes y terraplenes. Explanaciones. Trazado elemental de viales.

**8.- Axonometrías ortogonales.**

Análisis del triedro trirectángulo desde su representación diédrica. Elementos referenciales. Abatimiento de los planos coordenados. Coeficientes de reducción. Representación de circunferencias. Representación de la esfera. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**9.- Axonometrías oblicuas.**

Proyección oblicua del triedro trirectángulo. Angulo con el Plano del Cuadro y coeficientes de reducción. Posiciones del Plano del Cuadro: Perspectivas Caballera, Militar, y otras variantes. Abatimiento de los planos coordenados. Dibujar circunferencias. Dibujar la esfera. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**10.- La perspectiva cónica.**

Concepto y elementos característicos de la perspectiva cónica. Tipos de perspectivas. Elección del punto de vista. Cono visual. Posición del plano del cuadro. Punto de medida de una recta. División de un segmento en partes iguales o proporcionales. Representación de circunferencias. Representación de la esfera. La construcción legítima y sus variantes. Proyección central. Puntos límites de direcciones principales. Introducción a las sombras en perspectiva cónica.

**11.- Intersección de superficies.**

Intersección de superficies. Métodos generales. Grados y tipos de curva. Penetración, mordedura, tangencia. Teoremas de intersección de cuádricas. Intersección de cuádricas. Esfera, cono y cilindro. Intersección entre esferas. Intersección cilindro y esfera. Tipos de curvas. Intersección cono y esfera. Tipos de curvas. Secciones cónicas. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**12.- Intersección de cuádricas radiadas.**

Intersección de conos y cilindros con plano principal común. Planos por los vértices. Contraproyección. Cilindros horizontales y frontales. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**13.- Intersección de formas poliédricas.**

Métodos generales. Intersección de pirámides y prismas: planos por los vértices. Tipos de intersección. Obtención de la intersección por contraproyección. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**14.- Esciografía. Conceptos generales.**

Focos luminosos. Divisoria. Sombra propia y arrojada. Sombra como proyección cilíndrica oblicua. Sombra de punto y recta. Sombra de formas planas. Contraproyección Sombra propia, interior y arrojada de los poliedros. Sombra de la esfera, semiesfera y casquetes esféricos. Sombra de conos y cilindros. Sombras de cuerpos compuestos. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**15.- Esciografía. Asoleo.**

Coordenadas geográficas. Movimientos del sol y de la tierra. Soleamiento. Cartas Solares. Construcción y utilización. Estudios de sombras. Barrios solares.

**ORGANIZACIÓN POR SEMANAS Y TEMARIO PRÁCTICO:**

**SEMANA 01**

**Teoría: 1.- Superficies. La esfera.**

Superficies. Definiciones y conceptos generales. Clasificación y propiedades. Contorno aparente. Plano tangente. Superficies de revolución. Generación y representación de la esfera. Contornos aparentes. Situación de un punto en su superficie. Planos tangentes. Sección plana. Intersección con recta. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de la esfera.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

**SEMANA 02**

**Teoría: 2.- Superficies poliédricas regulares.**

Poliedros regulares y semirregulares. Poliedros conjugados. Fórmula de Euler. Poliedros regulares: Geometría y secciones especiales. Representación. Esfera inscrita, circunscrita y tangente a las aristas. Secciones a la esfera por los planos del poliedro. Poliedros semirregulares. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Cúpulas geodésicas.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

**SEMANA 03**

**Teoría: 3.- Superficies poliédricas radiadas pirámides y prismas.**

Representación. Contornos aparentes. Situación de un punto sobre la superficie. Secciones planas. Intersección con recta. Desarrollos. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de pirámides y prismas.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 04

**Teoría: 4.- Superficies radiadas conos y cilindros.**

Generación y representación. Contorno aparente. Situación de un punto sobre la superficie. Planos tangentes. Intersección con recta. Secciones planas de conos y cilindros. Análisis del tipo de cónica sección. Teorema de Dandelin. Desarrollos. Aplicaciones de procedimientos con diédrico directo. Introducción a la sombra de conos y cilindros.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 05

**Teoría: 5.- Superficies regladas.**

Hiperboloide reglado. Generación y representación. Paraboloide hiperbólico. Generación y representación. Helicoides axiales. Conoides. Capialzados. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 06

**Teoría: 6.- Sistema acotado.**

Concepto de pendiente e intervalo. Representación de los elementos. Procedimientos gráficos. Cubiertas Resolución de cubiertas. Faldones de igual pendiente. Faldones de distinta pendiente. Aleros a distinto nivel. Aleros inclinados. Aleros circulares.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 07

**Teoría: 7.- Representación del terreno.**

Perfiles. Explanaciones. Viales. Representación del terreno. Curvas de nivel. Secciones y perfiles. Conos de talud. Superficies de talud. Desmontes y terraplenes. Explanaciones. Trazado elemental de viales.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 08

**Teoría: 8.- Axonometrías ortogonales.**

Análisis del triedro trirectángulo desde su representación diédrica. Elementos referenciales. Abatimiento de los planos coordenados. Coeficientes de reducción. Representación de circunferencias. Representación de la esfera. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 09

**Teoría: 9.- Axonometrías oblicuas.**

Proyección oblicua del triedro trirectángulo. Angulo con el Plano del Cuadro y coeficientes de reducción. Posiciones del Plano del Cuadro: Perspectivas Caballera, Militar, y otras variantes. Abatimiento de los planos coordenados. Dibujar circunferencias. Dibujar la esfera. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 10

**Teoría: 10.- La perspectiva cónica.**

Concepto y elementos característicos de la perspectiva cónica. Tipos de perspectivas. Elección del punto de vista. Cono visual. Posición del plano del cuadro. Punto de medida de una recta. División de un segmento en partes iguales o proporcionales. Representación de circunferencias. Representación de la esfera. La construcción legítima y sus variantes. Proyección central. Puntos límites de direcciones principales. Introducción a las sombras en perspectiva cónica.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 11

**Teoría: 11.- Intersección de superficies.**

Intersección de superficies. Métodos generales. Grados y tipos de curva. Penetración, mordedura, tangencia. Teoremas de intersección de cuádricas. Intersección de cuádricas. Esfera, cono y cilindro. Intersección entre esferas. Intersección cilindro y esfera. Tipos de curvas. Intersección cono y esfera. Tipos de curvas. Secciones cíclicas. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 12

**Teoría: 12.- Intersección de cuádricas radiadas.**

Intersección de conos y cilindros con plano principal común. Planos por los vértices. Contraproyección. Cilindros horizontales y frontales. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 13

**Teoría: 13.- Intersección de formas poliédricas.**

Métodos generales. Intersección de pirámides y prismas: planos por los vértices. Tipos de intersección. Obtención de la intersección por contraproyección. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 14

**Teoría: 14.- Esciografía. Conceptos generales.**

Focos luminosos. Divisoria. Sombra propia y arrojada. Sombra como proyección cilíndrica oblicua. Sombra de punto y recta. Sombra de formas planas. Contraproyección Sombra propia, interior y arrojada de los poliedros. Sombra de la esfera, semiesfera y casquetes esféricos. Sombra de conos y cilindros.

Sombras de cuerpos compuestos. Ejemplos de Arquitectura histórica y contemporánea.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

SEMANA 15

**Teoría: 15.- Esciografía. Asoleo.**

Coordenadas geográficas. Movimientos del sol y de la tierra. Soleamiento. Cartas Solares. Construcción y utilización. Estudios de sombras. Barrios solares.

**Práctica.-**

Horas 01, 02 y 03: Resolución de ejercicios relativos al tema, con especial atención a sus aplicaciones arquitectónicas. Recogida del cuadernillo anterior.

**BIBLIOGRAFÍA**

Dessin d'Architecture Jean Aubert Editions de la Villete  
Geometry of structural forms. Adrian Gheorghiu, Virgil Dragomir Applied Science Applied Science  
Geometría constructiva aplicada a la técnica. Fritz Hohemberg Labor  
Geometría Descriptiva: Sistema Diédrico M.<sup>o</sup> del Carmen Vílchez Lara Ed. Tec. Avicam  
Geometría Descriptiva: Sistema Acotado M.<sup>o</sup> del Carmen Vílchez Lara Ed. Tec. Avicam  
Líneas y Superficies Jesús Álvarez del autor  
Método y aplicación de representación acotada José M<sup>a</sup> Gentil Baldrich Bellisco  
Ombres et lumieres Jean Paul Jungmann Editions de la Villete  
Perspectiva lineal. Su relación con la fotografía. Lluís Villanueva Bartrina UPC  
Representación (T. y P.) Jesús Álvarez del autor  
Sciagraphy John M Holmes Pitman  
Sistemas de proyección cilíndrica. Juan Antonio Sánchez Gallego UPC  
Sistema Diédrico Directo Bertran Guasp Ed. Donostiarra

**ENLACES RECOMENDADOS**

- <http://expresiongrafica.ugr.es/>

- <http://etsarqui.ugr.es/>

**METODOLOGÍA DOCENTE**

- Actividades presenciales (40%)
- AF1: Lecciones magistrales (Clases teóricas-expositivas)

Descripción: Presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos propuestos. Explicación del contenido temático al gran grupo por parte del profesorado.

- AF2: Actividades prácticas (Clases prácticas o grupos de trabajo).

Descripción: Actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo debe actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos.

- AF3: Seminarios.

Descripción: Asistencia a conferencias, seminarios, workshops, congresos, charlas sobre temáticas relacionadas con la materia, que provoquen el debate y la reflexión en el alumnado.

- AF4: Visitas a museos o centros arquitectónicos donde se podrá estudiar in situ, con las explicaciones del profesorado

obras de arquitectos de especial relevancia para el desarrollo de la asignatura.

- AF5: Tutorías académicas.

Descripción: Reuniones periódicas individuales y/o grupales entre el profesorado y el alumnado para guiar, supervisar y orientar las distintas actividades académicas propuestas.

- Actividades no presenciales (60%)
- AF6: Actividades no presenciales individuales o en grupo (Trabajo autónomo y estudio individual o en grupo)

Descripción: Realización de actividades encaminadas al estudio y desarrollo de trabajos, así como la búsqueda, revisión y análisis de documentos, bases de datos, páginas web, etc. Todas ellas relacionadas con la temática de la materia, que a su vez sirvan de apoyo al aprendizaje.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

Sistema de evaluación:

El sistema de evaluación de la asignatura es CONTINUO para la Convocatoria Ordinaria:

- (30%) 15 Entregas parciales (cuadernillos) + trabajo monográfico a definir por el profesorado de cada grupo. Entrega de un cuadernillo de ejercicios por semana

NOTA: En función del calendario académico de cada curso, los profesores podrán modificar la estructura y fechas de estas entregas parciales.

- (70%) Examen teórico-práctico orientado a demostrar el conocimiento de la teoría impartida en clase. El alumnado deberá superar este examen con una calificación mínima de 4,5 puntos sobre 10 para poder sumar al resto.

El ejercicio de sistema de planos acotados es eliminatorio.

El sistema de evaluación de la asignatura es UNICO FINAL para las Convocatorias Extraordinarias, así como para aquellos alumnos/as que deseen acogerse al art. 8 de la Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la UGR (BOUGR núm. 112, de 9 de noviembre de 2016).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

- EV-C1. Constatación del dominio de los contenidos, teóricos y prácticos, y elaboración crítica de los mismos.
- EV-C2. Valoración de los trabajos realizados, individualmente o en equipo, atendiendo a la presentación, redacción y claridad de ideas, grafismo, estructura y nivel científico, creatividad, justificación de lo que argumenta, capacidad y riqueza de la crítica que se hace, y actualización de la bibliografía consultada.
- EV-C3. Grado de implicación y actitud del alumnado manifestada en su participación en las consultas, exposiciones y debates; así como la elaboración de los trabajos, individuales o en equipo, y en las sesiones de puesta en común.
- EV-C4. Asistencia a clase, seminarios, conferencias, tutorías, sesiones en grupo.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN:

- EV-I1. Pruebas escritas: de ensayo, de respuesta breve, objetivas, casos o supuestos, resolución de problemas. (5%)
- EV-I2. Pruebas orales: exposición de trabajos (individuales o en grupos), entrevistas, debates. (5%)
- EV-I3. Pruebas de carácter gráfico, breves o de extenso desarrollo, con respuestas de índole descriptivo, analítico y/o proyectual. (80%)
- EV-I4. Trabajos, informes, estudios, memorias... (5%)
- EV-I5. Pruebas de conocimiento y destreza en el uso de medios informáticos. (5%)

INFORMACIÓN ADICIONAL

NORMATIVA OPERATIVA.

Las clases teóricas. - Las clases teóricas serán de una hora de duración. El número total de clases previstas es de quince.

Las clases prácticas. - Las clases prácticas se desarrollan a razón de tres horas por semana. El número total de clases previstas para cada grupo es de quince.

El alumnado desarrollará trabajos a lo largo del cuatrimestre:

- Resolución de los ejercicios propuestos en los 15 cuadernillos correspondientes a las 15 semanas lectivas. Asistencias. - La asistencia a las clases teóricas y prácticas es obligatoria, admitiéndose un número máximo de faltas de cinco en alguna de las dos partes de la asignatura (clases de teoría y clases de prácticas).

- El alumnado que tenga menos de seis faltas podrá realizar las entregas parciales, entregar su trabajo práctico resumen del curso y presentarse al examen teórico-práctico. (Evaluación continua).

- El alumnado que tenga seis o más faltas, incumple los requisitos mínimos presenciales de la evaluación continua, procediendo la Evaluación Única Final en la Convocatoria Extraordinaria, sin perjuicio de lo dispuesto en el art. 8.2 de la Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la UGR (BOUGR núm. 112, de 9 de noviembre de 2016).

- El alumnado matriculado con posterioridad al inicio del curso tendrá las faltas relativas a las clases anteriores a su fecha de matriculación, teniendo la opción de acogerse a la Evaluación Única Final, en Convocatoria Ordinaria, prevista en el art. 8 de la Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la UGR (BOUGR núm. 112, de 9 de noviembre de 2016). No procederán, en ningún caso, justificaciones por ausencias. La justificación de ausencias no es válida al no tratarse de una cuestión de disciplina, sino de necesidad de verdadera presencia, esencial para desarrollar el aprendizaje y garantizar la autoría de los trabajos de curso. Se tolera la asistencia a un grupo de teoría o de prácticas al que el alumnado no pertenezca siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que haya sitio físico para que el alumnado pueda ubicarse.
- Que la clase de recuperación corresponda al mismo contenido teórico.
- Que el grupo que se elija para recuperar, tanto de teoría como de prácticas, deba ser impartido por su mismo profesor/a.

Puntualidad. - Si un/a alumno/a llega a clase con más de quince minutos de retraso, se le permitirá la asistencia pero no se le computará.

Exámenes. - El alumnado que cumpla las asistencias mínimas requeridas tanto en teoría como en prácticas, podrá presentarse al examen teórico-práctico y entregar sus trabajos de curso para ser evaluados. Los que resulten aptos tendrán aprobada la asignatura.

El alumnado que incumpla las asistencias mínimas, no entregue sus trabajos de curso o no haya sido considerado aptos en la combinación de calificaciones de teoría y práctica, estará suspenso en la convocatoria ordinaria y deberá presentarse al examen final en la convocatoria extraordinaria.

El examen final será una prueba teórico-práctica consistente en uno o varios trabajos similares a los ejecutados en las clases prácticas, pero coherentes con el tiempo reglamentario disponible.

*Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos.*

ANEXO 9

**Muestra de 7 discentes (2 hombres y 5 mujeres) ETS en Ingeniería de Edificación Ugr.**

Ítem	Respuestas			
2	7 de primero			
3	5 difícil		2 lo desconocían	
4		6 No	1 probablemente	
5	7 No, por qué: - Explica mal. No resuelve las dudas planteadas. - De no ser por lo aprendido en el bachiller, no se comprendería nada. - Hay compañeros que les cuesta mucho entender. - No gusta como explica, así como ni su manera de organizarse. - Las clases no sirven mucho debido a que las explicaciones son incompletas e inadecuadas. - La mayoría de las veces no se entienden sus explicaciones y la forma de dar clases es difícil de entender. - Es difícil comprender su método de enseñanza y tiene bastantes fallos que aunque a veces corrige hacen que parezca más complicada la asignatura.			
6	Opinión: - Mucho comenzando desde la forma de enseñar, porque enseña como si ya se supiera la materia. - Ampliar el tema de conocimientos básicos y poder explicar con más claridad. - Tener otro docente, explicaciones más claras, detalladas y en vez de la pizarra, en ordenador viendo el proceso. - Interesarse más en los alumnos. - Su método de explicar. - Explica mal, no se le entiende, porque no sabe explicar y no aprendemos.			
7			6 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
8			6 No tan Preparado	1 Mal preparado
9		3 Simple	3 Difícil	1 Muy difícil
10		1 Satisfecho/a	5 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
11		4 Fácil	3 Difícil	
12	1 Muy Satisfecho/a	2 Satisfecho/a	1 No tan Satisfecho/a	3 Insatisfecho/a
13	7 Si, por qué: - Clases extra sobre la asignatura y en casa. - Haciendo las láminas previas para el examen. - No se entiende nada en clase y se intenta practicar en casa, para preguntar en clase las dudas.			
14	1 Siempre	2 A veces	4 Nunca	
15	1 Biblioteca	1 Academia externa	4 Tutoría	3 A través de Internet
16	3 Libros Apuntes	4 Videos		
17	4 Siempre		1 Nunca	2 No tengo idea
18			6 Nunca	1 No tengo idea
19	2 Siempre	5 A veces		
20	3 Siempre		4 Nunca	
21	Opinión: - Explicaciones más claras explicando para los alumnos. - no sabe. - No piensa nada. - Enterarse de lo que estudian. - Explicaciones bien dadas, de manera que se pueda entender bien. - Que se interese más por los alumnos.			
22	Opinión: - Hubiera aprovechado más el tiempo, sí hubiera tenido profesor que mejor enseñara, porque paso viendo videos para entender lo explicado. - Mala experiencia, expectativas demasiado altas. Comparado con lo aprendido en bachillerato es muy poco. - No ha sido buena. - El tiempo en clase ha sido perdido, debido a las malas explicaciones. - No ha sido buena, no he aprendido casi nada. - Regular. - Bastante pesada, se explica todo muy de prisa sin dar la oportunidad de asimilar bien los conceptos.			

ANEXO 10

**Muestra de 19 discentes (15 hombres y 4 mujeres) ETS en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos Ugr.**

Item	Respuestas			
	16 de primero	1 de segundo	2 de otro semestre	
3	11 difícil	1 Fácil	6 Lo desconocía y 1 lo consideró normal	
4	9 Si	4 No	6 probablemente	
5	18 Sí, por qué: - Tienen buen material de enseñanza - Las clases prácticas se pasan bastante rápido, son amenas y además resuelven bien las dudas. - Los profesores son bastante cercanos e intentan ayudar siempre. - Quien le guste la geometría puede entender muchos casos. - Según compañeros de otros cursos es más difícil con sus profesores. - Explican muy bien y nos ayudan mucho. - Lo hacen bien - Gran capacidad de enseñanza. - Aunque cuesta entender las cosas, los profesores son pacientes. 1 No, por qué: - No explica bien.			
6	Opinión: - Dejar las soluciones de las relaciones. - Clases teóricas. - Usar menos trazos parecidos y hacer ejercicios en pizarra. - La rapidez con la que se sube de nivel. - Pasar la solución de ejercicios. - Nada en realidad la dieron bien. - Demasiado contenido para el poco tiempo que hay, lo que conlleva a no poder detenerse a explicar correctamente. - Realizar más explicaciones en la pizarra. - Dedicar más tiempo a lo último de diédrico. - La entrega de actividades realizadas fuera de horario de clase. - Debería haber más tiempo, porque se dan muchos temas en poco tiempo. - Autocad. - La forma de cursar la asignatura debería ser 100% Autocad.			
7	4 Muy Satisfecho/a	12 Satisfecho/a	2 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
8	6 Muy Preparado	11 Preparado	2 No tan Preparado	
9		7 Simple	10 Difícil	2 Muy difícil
10	2 Muy Satisfecho/a	10 Satisfecho/a	1 No tan Satisfecho/a	6 Insatisfecho/a
11	2 Muy fácil	11 Fácil	6 Difícil	
12	1 Muy Satisfecho/a	12 Satisfecho/a	2 No tan Satisfecho/a	4 Insatisfecho/a
13	18 Sí, por qué: - Sobre todo los ejercicios mandados a casa. - Es necesario. - Asimilando bien los conceptos explicados. - Aprendiendo. - Haciendo las prácticas. - Con las actividades para entregar semanalmente. - Aprendiendo lo entendido en clase. - Al no explicar bien e ir muy rápido con los ejercicios, no son muy legibles comparados con los de los exámenes. 1 No, por qué: - A veces, porque no le da tiempo.			
14	11 Siempre	7 A veces	1 Nunca	
15	8 Biblioteca	2 Academia externa	5 Tutoría	10 A través de Internet
16	7 Libros Apuntes	6 Textos Online	13 Videos	
17	16 Siempre		1 Nunca	2 No tengo idea
18	10 Siempre		4 Nunca	5 No tengo idea
19	13 Siempre	4 A veces	2 Nunca	
20	15 Siempre		4 Nunca	
21	Opinión: - Si fuera en Autocad sería más motivador. - Aprender más Autocad. - El aprendizaje. - Enseñar más aplicación de la geometría en la ingeniería.			

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Más tiempo para la asignatura, es decir, más horas de clase durante la semana.</li><li>- No sé.</li><li>- Visualizar en tres dimensiones los ejercicios de diédrico.</li><li>- Tener buenos apuntes.</li></ul>
22	<p>Opinión:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- A pesar de ser densa, es interesante.</li><li>- Normal.</li><li>- Muy buena.</li><li>- Buena, ya que tenía una buena base y no me resulta difícil.</li><li>- Muy buena, exceptuando la velocidad en la que avanza el curso respecto al contenido.</li><li>- Buena, cada clase se acaba aprendiendo nuevas cosas.</li><li>- Buena.</li><li>- Agradable.</li><li>- Mala.</li><li>- Aprender diédrico.</li></ul>

ANEXO 11

**Muestra de 17 discentes (11 hombres y 6 mujeres) ETS en Arquitectura Ugr.**

Ítem	Respuestas			
2	17 de primero			
3	14 difícil		3 Lo desconocía	
4	1 Si	11 No	5 probablemente	
5	5 Si, por qué: - Se aprende lo necesario. - Aunque el comienzo sea duro, merece la pena. - La recomendaría si el profesor tuviera paciencia. - Tiene ventajas e inconvenientes y dependería de la persona. 1 No, por qué: 12 No, por qué: - Las explicaciones son buenas pero rápidas. - La psicología negativa que aplica me desanima. - Me parece que hay que aguantar muy bien las cosas para dar clase con él. - Es casi imposible seguir el ritmo del curso. - Resulta difícil porque entrega mucho material a preparar para el examen en muy poco tiempo. - Por las dificultades de aprendizaje con el profesor. - No he aprendido nada. - Es difícil tener motivación. - Muchos contenidos en poco tiempo. - Porque es muy exigente. - Muy negativo.			
6	Opinión: - Menos temario o más tiempo. (6) - Hacer explicaciones más gráficas, como escritas en la pizarra. - La organización y el sistema de evaluación. - Se mandan demasiados ejercicios obligatorios que no dan tiempo a hacer de forma correcta. Además se explican muchos conceptos en muy poco tiempo. - Dar más tiempo y/o separar en 2 la asignatura. - Las explicaciones del profesor. - Si la materia se diese en más tiempo, las notas subirían. - El tiempo. - La selección del temario dado. - Bajar ligeramente el ritmo y mejorar el trato a los alumnos en ocasiones. - Que las pruebas que nos ofrece sean legales. - Motivar al alumno con psicología positiva y no negativa.			
7		6 Satisfecho/a	11 No tan Satisfecho/a	
8	4 Muy Preparado	11 Preparado	2 No tan Preparado	
9		2 Simple	8 Difícil	7 Muy difícil
10		7 Satisfecho/a	7 No tan Satisfecho/a	3 Insatisfecho/a
11	2 Muy fácil	10 Fácil	5 Difícil	
12		4 Satisfecho/a	10 No tan Satisfecho/a	3 Insatisfecho/a
13	15 Si, por qué: - Es necesario más horas - A esta asignatura hay que dedicarle mucho tiempo, pero ni aun así apruebo. - Solamente para hacer los obligatorios y hace falta más de 2 veces el tiempo que se da de clase. - En casa. - Para intentar aprobar.(2) - No es suficiente con lo dado en clase y tutorías. - Con lo dado en la escuela no apruebo. - Realizando las prácticas obligatorias. - Es necesario, puesto que las horas de clase se quedan cortas para asimilar los contenidos. - Sino sería imposible aprobar. - En clase no alcanzo a hacer todo lo que debería y hasta que lo hago lo aprendo. 2 No, por qué: - No me apasiona el dibujo técnico. - Es como montar bici, una vez aprendido ya se sabe siempre.			
14	5 Siempre	7 A veces	5 Nunca	
15	5 Biblioteca	4 Academia externa	12 Tutoría	7 A través de Internet

**GEOMETRIA DESCRIPTIVA SU ENSEÑANZA EN EL APRENDIZAJE ACTUAL ANÁLISIS, EVALUACIÓN y PROSPECCIÓN**  
*...De la técnica tradicional a la innovación computacional*

16	12 Libros Apuntes	4 Textos Online	10 Videos	1 Audio
17	14 Siempre		1 Nunca	2 No tengo idea
18	1 Siempre		12 Nunca	4 No tengo idea
19	2 Siempre	15 A veces		
20	7 Siempre		10 Nunca	
21	Opinión: - Ver figuras en el espacio físicamente u otros temas relacionados. - Hacer los ejercicios más lentamente para quedarnos mejor con el procedimiento. - No tener que hacerlo en tan poco tiempo. - Si hubiera más tiempo para cada tema sería mejor. - Que el profesor te motivara y te orientara aunque sea un poco. - Nada. - Menos psicología negativa. - Motivación por parte del profesor. (2) - Mejor trato al alumno en algunas ocasiones. - No bajar tanto la autoestima. - Ver aún más ejemplos de aplicaciones reales.			
22	Opinión: - He adquirido bastantes conocimientos, aunque considero que trabajándolos más podría haber aprendido más. - Mi experiencia es darme cuenta de que la carrera es compleja. - Ha sido duro pero entretenido. - Me he agobiado mucho porque es muy difícil aprobar. - Estresarte al tener que estudiar un tema por semana más otras asignaturas. - Ha sido una montaña rusa y cuesta abajo sin frenos. - Duro al principio y algo más relajado al final. - Mala. (2) - Complicado, empezando a comprender la carrera y dinámica de ésta. - Buena. - Una montaña rusa en decadencia. - Mejorable, es una asignatura difícil en poco tiempo. - Agobio continuo. - Que nos esperan unos cuantos años aquí. - Regular, a causa del tiempo invertido y la dificultad encontrada en algunos temas.			

**Muestra de 2 discentes (1 hombre y 1 mujer)**

Ítem	Respuestas			
2	1 de primero		1 de segundo	
3	2 difícil			
4		1 No	1 probablemente	
5	2 No, por qué: - No es del todo claro a la hora de explicar. - Complicado.			
6	Opinión: - Las explicaciones de la teoría en clase. - La metodología.			
7			2 No tan Satisfecho/a	
8			2 No tan Preparado	
9				2 Muy difícil
10			2 No tan Satisfecho/a	
11			2 Difícil	
12				2 Insatisfecho/a
13	2 Si, por qué: - Necesito completar.			
14		2 A veces		
15	2 Biblioteca			2 A través de Internet
16			2 Videos	
17	2 Siempre			
18			2 Nunca	
19	2 Siempre			
20			2 Nunca	
21	Opinión: - Utilidad práctica.			
22	Opinión: - Normal.			

**Muestra de 15 discentes (7 hombres y 8 mujeres)**

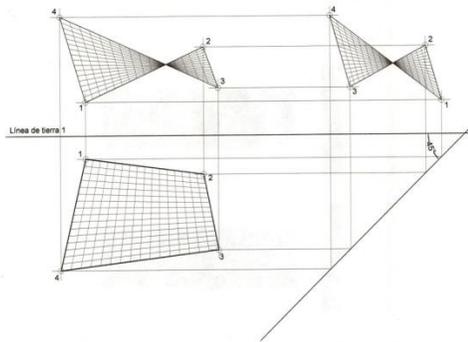
Ítem	Respuestas			
2	8 de primero		2 de segundo	5 de otro
3	12 difícil		3 Lo desconocía	
4	10 Si	2 No	3 probablemente	
5	14 Si, por qué: - Es amable y te dedica tiempo. - Dentro de lo malo es la mejor. (3) - Es buena, pero los criterios fallan. - Atención y preocupación por el alumno. - Explica bien y comprensible con los problemas de los alumnos. 1 No, por qué: - No explica bien.			
6	Opinión: - Que la asignatura sea a ordenador. - Hay mucho temario en poco tiempo. - Hay mucho temario y se da muy rápido, debería ser una asignatura de un año completo. - Encontrar alguna manera de asimilar los conceptos mejor, ya que son complejos. - Las explicaciones de la teoría. - No hacemos suficientes ejercicios en clase. Mandan muchos sin haber explicado ni la mitad, profesores desmotivadores y poca formación. - Mayor bibliografía para el aprendizaje. - Más tiempo o menos materia y otra forma de enseñar.			
7	3 Muy Satisfecho/a	8 Satisfecho/a	3 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
8	6 Muy Preparado	5 Preparado	4 No tan Preparado	
9			9 Difícil	6 Muy difícil
10	1 Muy Satisfecho/a	9 Satisfecho/a	4 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
11	1 Muy fácil	4 Fácil	9 Difícil	1 Muy difícil
12	2 Muy Satisfecho/a	3 Satisfecho/a	9 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
13	14 Si, por qué: - Solo para los exámenes. - No es suficiente con lo que vemos en clase para aprobar. - Muchísimo más que en clase. - No es suficiente solo con las clases. (2) - Haciendo prácticas. - Para consolidar los conocimientos. 1 No, por qué: - Falta de tiempo para prepararla.			
14	13 Siempre	2 A veces		
15	6 Biblioteca	6 Academia externa	10 Tutoría	4 A través de Internet
16	10 Libros Apuntes	4 Textos Online	10 Videos	2 Audio
17	12 Siempre			3 No tengo idea
18	7 Siempre		4 Nunca	4 No tengo idea
19	13 Siempre	2 A veces		
20	8 Siempre		6 Nunca	1 No tengo idea
21	Opinión: - Aplicar las prácticas de otra forma para evaluarnos cada semana. - Más tiempo para el aprendizaje de la asignatura. - Clases más practicas pero con compañía del profesor. Que no desmotiven con malas palabras. - Muchos temas y profesores competentes. - Que se dejara atrás el dibujo técnico manual como en otras universidades.			
22	Opinión: - Muy buena.(3) - No muy grata, muchas horas de trabajo y pocos resultados, todo el peso de aprender recae sobre el alumno. - Descubrir las distintas metodologías de aprendizaje. - Buena. Es simpática y amable, aunque tenga que buscar ayuda externa. - Es muy difícil de aprobar. - Muy agradable. La he ocupado casi todo el semestre. - Difícil.(2) - Agobiante, muchas horas de trabajo. - Las últimas semanas muy estresadas.			

**Muestra de 16 discentes (5 hombres y 11 mujeres)**

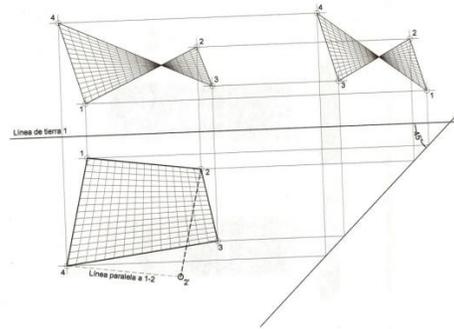
Ítem	Respuestas			
2	12 de primero		2 de segundo	2 de otro
3	15 difícil		1 Lo desconocía	
4	9 Si	2 No	5 probablemente	
5	15 Si, Por qué: - Explica mejor que los demás. - Pero la asignatura es muy difícil y no la recomiendo por el tiempo. - Su método de enseñanza es muy didáctico y sobre todo estimula la curiosidad del estudiante. - Ayuda mucho. - Explica de manera clara y se organiza bien. (3) - Explica muy bien y atiende a todas tus dudas. - Aposta muchas facilidades para sacar la asignatura. - Gran atención al alum-nado. - Excelente profesora, preocupada por el aprendizaje y la comodidad de los alumnos en su asignatura.(2) - Las prácticas son adecuadas de dificultad y claridad. 1 No, Por qué: - No dice porque el alumno.			
6	Opinión: - No dar tanto contenido en tan poco tiempo, no se asimila ningún contenido. - Nunca hay tiempo para practicar. - Las horas dedicadas a cada tema, ya que el profesor se encuentra en dificultad al consultar las dudas del estudiante. - Más horas. - Se da demasiado contenido en relación al tiempo del que disponemos. - Explicaciones más detalladas y pausadas junto con más tutorías. - Hacer las prácticas entre explicaciones. - Invertir más tiempo en algunos temas, que con solamente una clase se quedan cojos. - Practicas muy largas. - Calcular mejor el tiempo de trabajo que tienen que dedicar los alumnos a ciertas asignaturas. - Lo veo todo bien. - Quizá se podría bajar el número de entrega de prácticas.			
7	10 Muy Satisfecho/a	4 Satisfecho/a	2 No tan Satisfecho/a	
8	11 Muy Preparado	5 Preparado		
9		1 Simple	13 Difícil	2 Muy difícil
10	3 Muy Satisfecho/a	10 Satisfecho/a	3 No tan Satisfecho/a	
11	2 Muy fácil	7 Fácil	7 Difícil	
12	3 Muy Satisfecho/a	9 Satisfecho/a	3 No tan Satisfecho/a	1 Insatisfecho/a
13	16 Si, por qué: - Para asentar mejor lo aprendido en clase. - Es necesario seguir trabajando para conseguir una buena calificación. - Aunque se limita a la realización de ejercicios. - Para aprender. - Requiere trabajo. - Gracias a conocimientos básicos sobre perspectiva cónica puedo esbozar mejor. - La voy estudiando por mi cuenta de acuerdo a los contenidos que se van impartiendo. - Lo necesito, para practicar. - Siempre quedan dudas que resolver. - Vivimos por y para hacer cosas de la carrera.			
14	11 Siempre	3 A veces	2 Nunca	
15	8 Biblioteca	4 Academia externa	5 Tutoría	10 A través de Internet
16	10 Libros Apuntes	2 Textos Online	10 Videos	1 Audio
17	16 Siempre			
18	12 Siempre		3 Nunca	1 No tengo idea
19	12 Siempre	4 A veces		
20	10 Siempre		6 Nunca	
21	Opinión: - Un buen profesor siempre hace que estés motivado y dispuesto a aprender más. - Hacer más prácticas en clase con ayuda. - Sinceridad y amabilidad. - Más tiempo para asimilar el temario y disfrutar sin estrés de la asignatura. - Buscar un profesor que lo explique despacito. - Más horas de práctica. - Me gustaría que se valorase más mi trabajo, aunque sea lo mínimo y que haya más tiempo. Yo disfruto con la carrera, a pesar del agobio del poco tiempo.			

	- Mandar menos trabajos, podríamos aprender 5 cosas bien y no 80 mal.
22	Opinión: - Bastante buena.(5) - He aprendido a trabajar de forma constante. - Agradable. - Positiva. (2) - Satisfactoria. (2) - Intente entender. - Al inicio he tenido problemas porque era difícil conciliar horas de estudio dedicada a las prácticas. - Mala, mucho agobio y frustración.

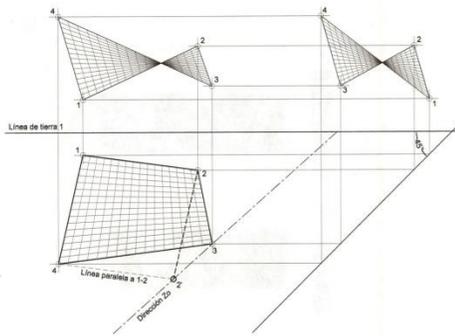
ANEXO 12



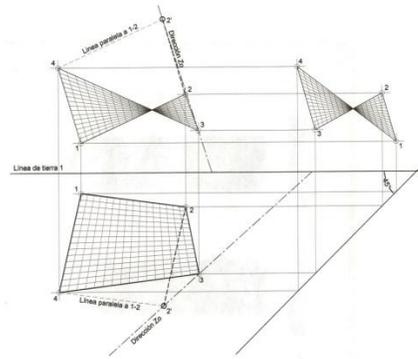
1º trazo



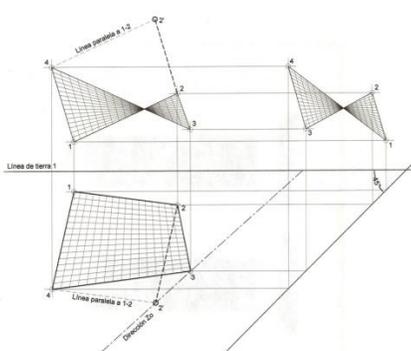
2º trazo



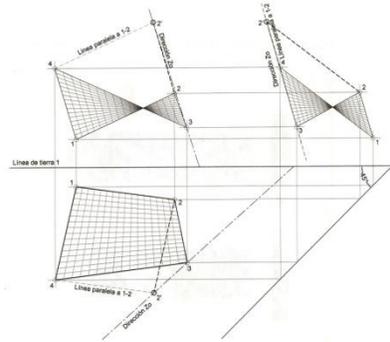
3º trazo



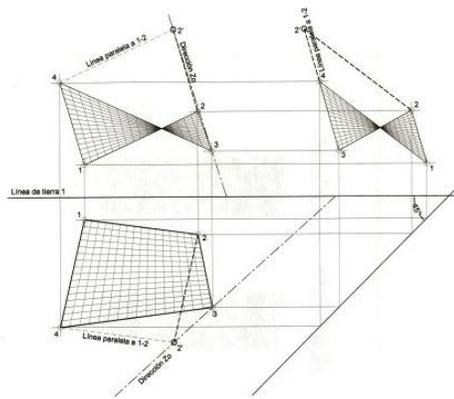
4º trazo



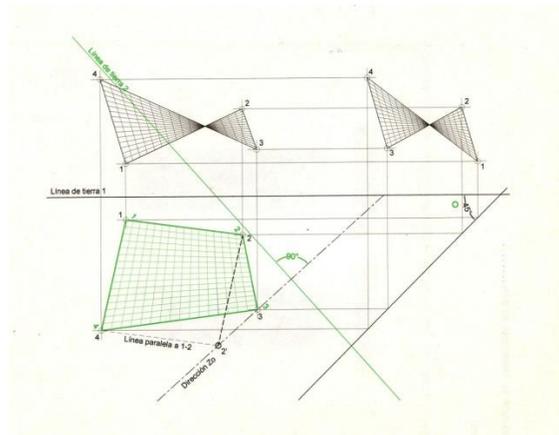
5º trazo



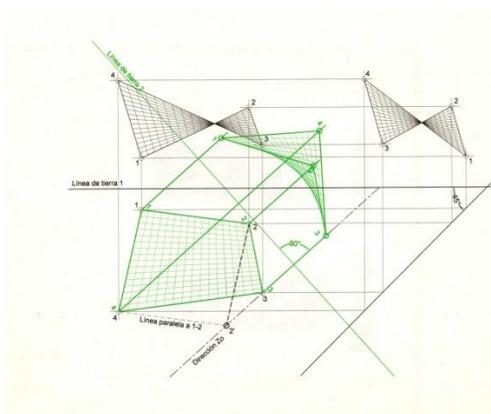
6º trazo



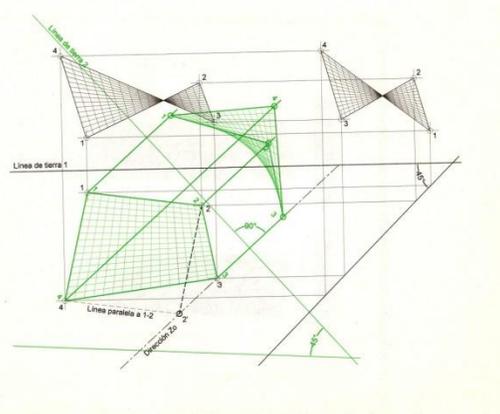
7º trazo



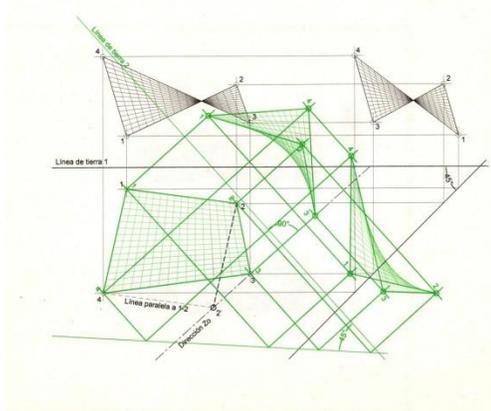
8º trazo



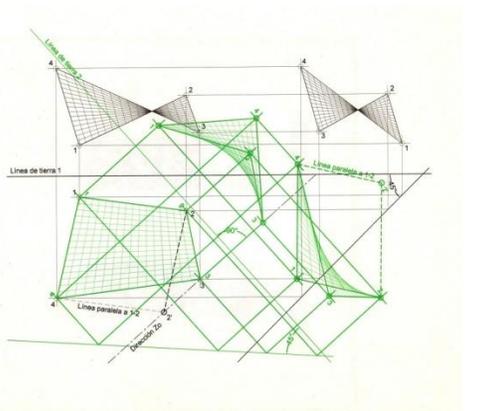
9º trazo



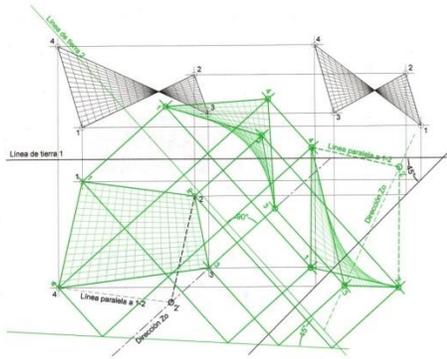
10º trazo



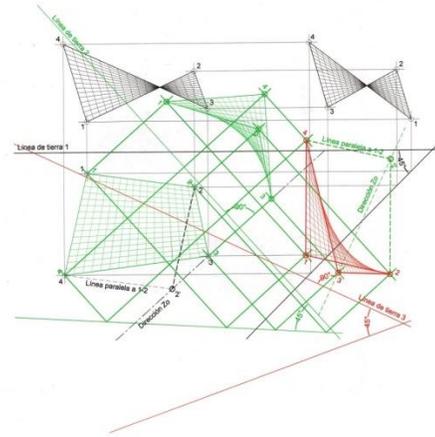
11º trazo



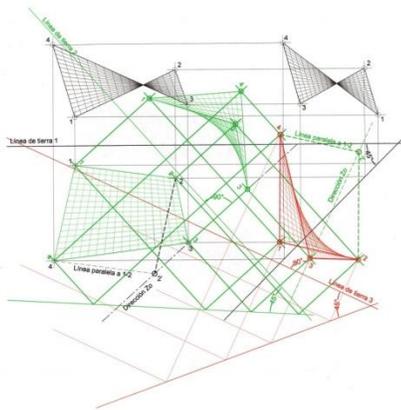
12º trazo



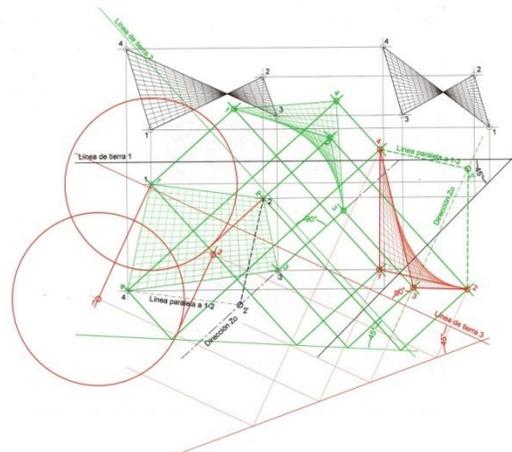
13º trazo



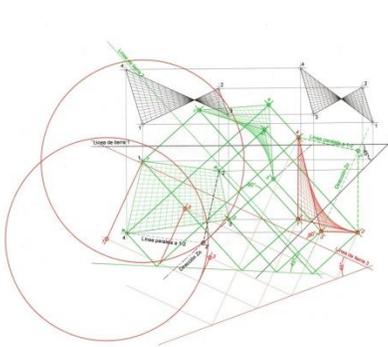
14º trazo



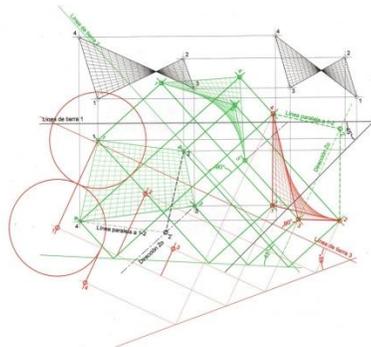
15º trazo



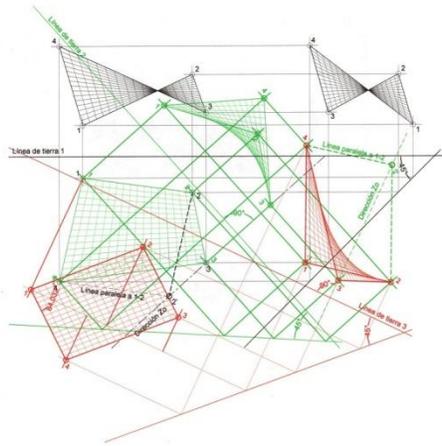
16º trazo



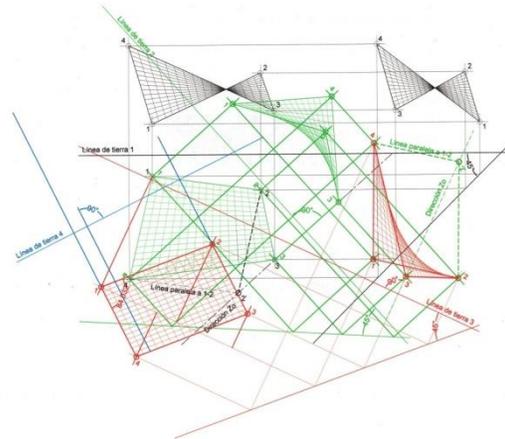
17º trazo



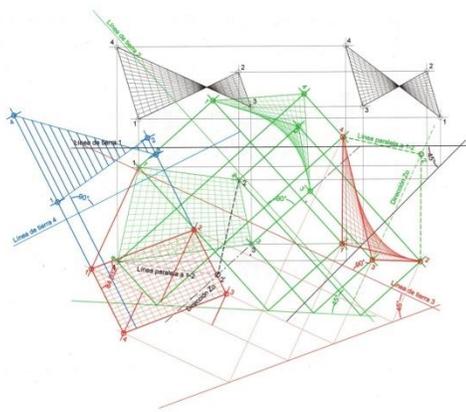
18º trazo



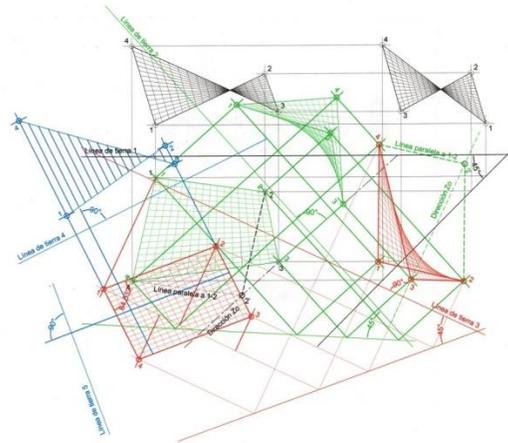
19º trazo



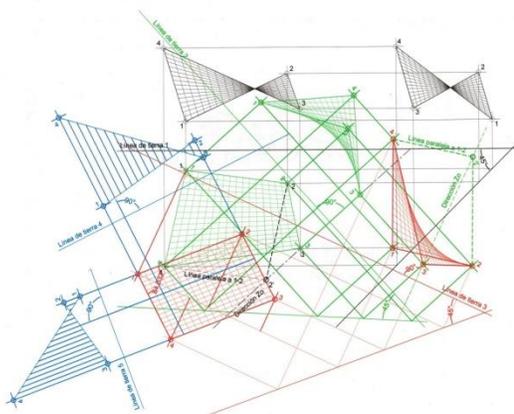
20º trazo



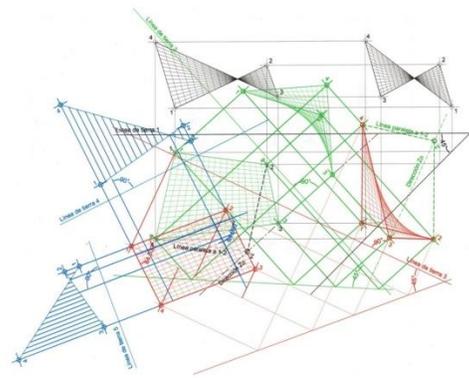
21º trazo



22º trazo



23º trazo



24º trazo

Imágenes proporcionadas por el Arq. José Luis Rincón Medina docente de la FA-UNAM