

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN
PROGRAMA DE ARQUITECTURA

OPTIMIZACIÓN AMBIENTAL Y ESTRUCTURAL DE UN
ESTADIO DE FUTBOL.

TESIS DE LICENCIATURA QUE
PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO
DE ARQUITECTO:
ANDRÉS VÁZQUEZ MONTESINOS

SINODALES:

PRESIDENTE : Arq. Alberto Campos Tenorio.

VOCAL: Arq. Fidel López Toledo.

SECRETARIO: Arq. Marcial Álvarez Salgado

SUPLENTE 1: Arq. Ernesto Ramírez Contreras (Asesor)

SUPLENTE 2: Arq. Luis Javier Sánchez Guerrero.

NAUCALPAN DE JUÁREZ, ESTADO DE MÉXICO. 2022





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.

“Yo he preferido hablar de cosas imposibles,
porque de lo posible se sabe demasiado...”

Resumen de Noticias - Silvio Rodriguez



Imagen 1.(2019) Estadio Tottenham. Recuperado de <https://bit.ly/39HBcov>

“Los estadios son universos simbólicos donde no solo se juega fútbol. Son espacios donde grandes masas de población se reúnen para dirimir capacidades deportivas, obtener ganancias, proyectar emociones y, sobre todo, convertirse en una plataforma tecnológica que trasciende los límites de una cancha, para llegar a ser un referente de una actividad total. Los políticos le temen como le aman al estadio. Los empresarios encuentran un lugar donde cobrar. Los jugadores se exponen a la vindicta pública. Y los hinchas construyen un yo incluyente donde ganan, pierden o empatan, creyéndose parte de una elite poderosa.” Arquitecto Fernando Carrión Mena

Agradecimientos

A mis padres Miriam Montesinos Herrejón y Andres Felipe Vazquez Hernández por enseñarme el valor del trabajo constante, la responsabilidad y la sencillez, a mi familia por todo el apoyo incondicional para estudiar lejos de casa.

A Claudia Jazmín Soria Aguilar por su cariño, paciencia y tiempo en esta etapa, por estar para mi siempre que lo necesite.

A mis amigos, que siempre estuvieron para apoyarme, aconsejarme, y de vez en cuando soltar unas risas, en especial a Enrique Hernández Diaz y Alberto Rosas Álvarez, que compartieron su tiempo y conocimiento conmigo, donde los conocimientos generados con ellos y su retroalimentación fue determinante para la integración de este trabajo.

A mis amigos de LINEA Mexico y del Comité Estudiantil de Geometría, que me permitieron conocer y expandir mis horizontes en el mundo de la arquitectura.

Al Arquitecto Francisco Gonzales Pulido, por la confianza y el apoyo para entender el funcionamiento general y la representación de un estadio construido.

A los profesores Luis Javier Sánchez Guerrero, Alberto Campos Tenorio, Rafael Colinas Sanz, Fidel López Toledo, Ernesto Ramírez Contreras, Marcial Álvarez Salgado y Mónica Vazquez Garduño por compartirme su conocimiento, por el apoyo que me dieron en la carrera y en este trabajo de tesis

Introducción.

- Planteamiento del problema.
- Definición del tema.
- Hipótesis del trabajo.
- Objetivo general.
- Objetivos particulares.
- Importancia del tema.
- Metodología.

Capítulo 1.0.- Fundamentación del tema.

1.1.- Definiciones.

- 1.1.1.- Espectáculos deportivos.
- 1.1.2.- Estadio.
- 1.1.3.- Fútbol
- 1.1.4.- Optimización.
- 1.1.5.- Optimización estructural.
- 1.1.6.- Optimización energética.

1.2.- Antecedentes históricos y arquitectónicos del tema.

- 1.2.1.- Internacionales.
- 1.2.2.- Nacionales.
- 1.2.3.- Locales.
- 1.2.4.- Conclusiones.

1.3.- Estado Actual del tema.

- 1.3.1.- Internacionales.
- 1.3.2.- Nacionales.
- 1.3.3.- Locales.
- 1.3.4.- Conclusiones.

1.4.- Análisis Arquitectónicos de ejemplos análogos.

- 1.4.1.- Internacionales.
- 1.4.2.- Nacionales.
- 1.4.3.- Locales.
- 1.4.4.- Conclusiones.

1.5.- Elementos Prefabricados.

- 1.5.1.- ¿Qué es y como se utilizan?
- 1.5.2.- Ejemplos de aplicación.

1.6.- Optimización Energética.

- 1.6.1.- ¿Qué es y como se utilizan?
- 1.6.2.- Ejemplos de aplicación.

1.7.- Optimización Estructural.

- 1.7.1.- ¿Qué es y como se utilizan?
- 1.7.2.- Ejemplos de aplicación

Capítulo 2.0.- Análisis del sitio.

2.1.- Aspectos Generales

- 2.1.1.- Análisis de la arquitectura del sitio.
- 2.1.2.- Análisis de los aspectos culturales del sitio.
- 2.1.3.- Análisis de los aspectos socio-económicos del sitio.
- 2.1.4.- Análisis de los aspectos históricos.
- 2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.2.- Normatividad General del Sitio.

- 2.2.1.- Normatividad aplicable al proyecto.
- 2.2.2.- Restricciones.
- 2.2.3.- Normas y reglamentos aplicables.
- 2.2.4.- Aspectos ecológicos y reciclables.

2.3.- Ubicación del terreno.

- 2.3.1.- Criterio y fundamentación de la ubicación.
- 2.3.2.- Localización, dimensionamiento y topografía.

2.4.- Infraestructura del sitio.

- 2.4.1.- Urbanismo.
- 2.4.2.- Vías de comunicación.
- 2.4.3.- Transporte.
- 2.4.4.- Infraestructura y servicios (Electricidad, agua, comunicaciones, drenaje, basura, etc.).
- 2.4.5.- Equipamiento.
- 2.4.6.- Uso de suelo.
- 2.4.7.- Ecología y reciclamiento.

Capítulo 3.- Proyecto Arquitectónico.

3.1.- Programa de Necesidades.

- 3.1.1.- Área de juego.
- 3.1.2.- Área de espectadores.
- 3.1.3.- Área privada.
- 3.1.4.- Área pública.
- 3.1.5.- Área de medios.
- 3.1.6.- Área administrativa.
- 3.1.7.- Área de servicios.

3.2.- Estudio de Áreas.

- 3.2.1.- Área de juego.
- 3.2.2.- Área de espectadores.
- 3.2.3.- Área privada.
- 3.2.4.- Área pública.
- 3.2.5.- Área de medios.
- 3.2.6.- Área administrativa.
- 3.2.7.- Área de servicios.

3.3.- Programa arquitectónico.

- 3.3.1.- Área de juego.
- 3.3.2.- Área de espectadores.
- 3.3.3.- Área privada.
- 3.3.4.- Área pública.
- 3.3.5.- Área de medios.
- 3.3.6.- Área administrativa.
- 3.3.7.- Área de servicios.

3.4.- Diagramas de funcionamiento.

- 3.4.1.- Árbol de sistemas.
- 3.4.2.- Matriz de relación.
- 3.4.3.- Diagrama de funcionamiento.
- 3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

Capítulo 4.- Optimización ambiental.

4.1.- Introducción a la optimización.

4.2.- Métodos de optimización.

4.3.- Algoritmos evolutivos de optimización.

4.4.- Metodología de optimización ambiental.

4.5.- Gráficas climáticas del sitio.

- 4.5.1.- Recorrido del sol.
- 4.5.2.- Rosa de los vientos.
- 4.5.3.- Rosa de radiación.

4.6.- Primer análisis de radiación: Impacto sobre el graderío.

4.7.- Segundo análisis de radiación: distintos tipos de superficies.

- 4.7.1.- Superficie plana.
- 4.7.2.- Superficie de curvatura simple.
- 4.7.3.- Superficie de doble curvatura.
- 4.7.4.- Conclusión parcial.

4.8.- Tercer análisis: Beneficios de confort por sombra al aire libre.

4.9.- Geometría Inicial.

4.10.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (Form finding)

4.11.- Quinto análisis: Radiación sobre circulaciones

4.12.- Sexto análisis: Horas de luz solar sobre las circulaciones.

4.13.- Conclusiones de la optimización ambiental.

Capítulo 5.- Optimización estructural

5.1.- Introducción a la optimización estructural.

5.2.- Métodos de análisis estructural.

5.3.- Metodología para el análisis estructural.

5.4.- Optimización estructural.

5.5.- Métodos de optimización.

5.6.- Algoritmos evolutivos de optimización.

5.7.- Metodología para la optimización.

5.8.- Verificación del análisis.

5.9.- Memoria técnico descriptiva estructural.

5.9.1.- Consideraciones para diseño por sismo.

5.9.2.- Consideraciones para diseño por viento.

5.9.3.- Materiales utilizados.

5.9.4.- Predimensionamiento estructural del edificio de estacionamiento.

5.9.5.- Predimensionamiento estructural del estadio.

5.9.6.- Bajada de cargas del edificio de estacionamiento.

5.9.7.- Bajada de cargas del estadio.

5.9.8.- Predimensionamiento de cimentación.

5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

5.9.10.- Análisis estructural de validación de armadura tipo.

5.9.11.- Análisis estructural de validación de marco tipo.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.

5.10.- Conclusiones de la optimización estructural.

Capítulo 6.- Planos Arquitectónicos.

6.1.- Plantas arquitectónicas.

6.2.- Cortes y fachadas.

6.3.- Perspectivas.

Capítulo 7.- Planos Estructurales.

7.1.- Planos de cimentación.

7.2.- Planos estructurales.

Capítulo 8.- Planos de Instalaciones.

8.1.- Planos de instalación hidráulica.

8.2.- Planos de instalación sanitaria.

8.3.- Planos de instalación eléctrica.

9.- Conclusión.

10.- Bibliografía.

Planteamiento del problema.

En este trabajo de investigación se plantean temas de optimización estructural y ambiental aplicado a un proyecto dentro de la Zona Urbana del Valle de México, específicamente en el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México, con el fin de que las nuevas edificaciones y remodelaciones empiecen a tomar en cuenta los conceptos desarrollados en esta investigación para disminuir el impacto ambiental que generan, no solo su construcción, si no también en su operación. Actualmente existe una tendencia clara al diseño sustentable y arquitectura bioclimática en el mundo, lamentablemente en el país muy pocos edificios cuentan con estos sistemas, ya que no existen metodologías de diseño que te permitan cuantificar y optimizar estos conceptos de una manera práctica y factible.

Otros factores importantes que mencionar son la duplicación de la incidencia del cáncer de piel en los últimos diez años, actualmente en el país, únicamente en el Hospital General de México se atienden anualmente a 12,000 personas por año por este padecimiento, donde alrededor de 1,200 corresponden a un tumor maligno de diferentes grados (Secretaria de Salud - 2015), donde las actividades al aire libre ya corresponden un riesgo sin los cuidados necesarios debido a los Rayos Ultravioletas (UV), también se considera que en México el consumo de energía eléctrica en el sector residencial es del 29.95% (Secretaria de Energía - 2020) y en el sector comercial es del 11.46% (Secretaria de Energía - 2020) generando grandes impactos y producción de CO₂ (Dióxido de carbono), que con buenas prácticas y proyectos optimizados puede reducir.

Por estas razones se ha decidido enfocar el trabajo exclusivamente en la optimización ambiental y la optimización estructural aplicada a un Estadio de Fútbol. La primera nos ayudará a través del *form-finding* (Forma encontrada) desarrollar una cubierta que buscará maximizar el objetivo de sombra efectiva, considerando también que la misma cubierta será un elemento regulador o filtro para las influencias del medio físico, dejando pasar las que se consideren benéficas para el proyecto y aislar a las que puedan generar ambientes no deseados.

Todo esto se logrará con la programación visual proporcionada por los software comerciales y la optimización multi objetivo, donde se buscará optimizar una serie de variables del proyecto para que ni la estructura, ni los elementos térmicos posean una jerarquía, si no más bien una integración de los elementos para la creación de estructuras híbridas habitables que combinen estrategias pasivas y activas.

Definición del problema

Actualmente el municipio de Naucalpan no posee un centro de entretenimiento deportivo masivo, por lo que las personas tienen que desplazarse grandes distancias para ver espectáculos deportivos. De aquí nace la premisa de solucionar este problema, considerando que no se debe diseñar los espacios como normalmente se ha venido haciendo, ya que el uso de materiales en grandes construcciones genera impactos masivos en el medio ambiente, así como su operación. Este trabajo buscará reducir esos impactos en tres sentidos.

- 1) Aprovechar las bondades y facilidades que tienen los elementos prefabricados en la construcción.
- 2) Optimizar el edificio a las energías del medio físico que influyen sobre el mismo (radiación, viento, humedad e iluminación) generando condiciones de confort para los usuarios a través de técnicas pasivas aplicables al proyecto.
- 3) Optimizar la estructura metálica de la cubierta para soportar las mismas cargas y claros con la menor cantidad de material posible, respetando normas y reglamentos aplicables.



Imagen 2.(2020) Estadio Nacional de Pekín. Recuperado de <https://bit.ly/2X9Zm8i>

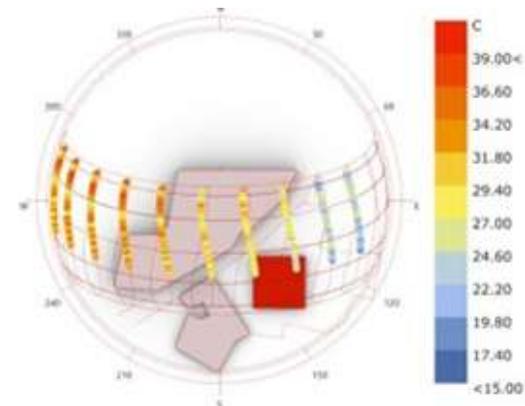


Imagen 3.(2020) Análisis Térmico. Elaboración propia.

Hipótesis de trabajo.

Los edificios optimizados llegan a ser mejores soluciones en el diseño sustentable y arquitectura bioclimática, ya que los parámetros utilizados, al ser cuantificables, ayudan a determinar los porcentajes de ahorro y eficiencia (tanto ambiental como estructuralmente) verificando si se están cumpliendo con los objetivos planteados.

Objetivo General.

Diseñar y optimizar un estadio de futbol con una capacidad de 45,000 espectadores sentados, así como sus espacios complementarios.

Objetivos Particulares.

- 1.- Generar una propuesta arquitectónica adaptada al sitio, implementando criterios de diseño acorde a la tendencia del género en el mundo.
- 2.- Optimizar la envolvente del edificio con el impacto de las energías del medio físico.
- 3.- Optimizar la estructura de la cubierta del estadio.

Alcances.

Se desarrollará la solución arquitectónica y estructural del proyecto, enfocándose en el desarrollo geométrico - constructivo de la cubierta como un elemento protector, haciendo estudios de asoleamiento y radiación que determinará la forma óptima, comprobando de manera numérica los beneficios del diseño.



Imagen 4.(2017) Capacidad de los estadios. Recuperado de <https://bit.ly/3aGldrP>

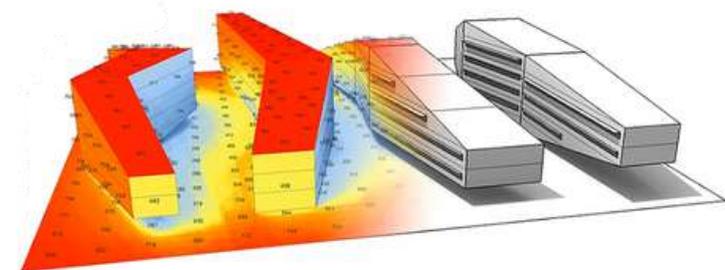


Imagen 5.(2020) Diseño ambiental y computacional de energía. Recuperado de <https://bit.ly/2SiY7Ax>

Importancia de la optimización ambiental y estructural en los edificios.

En primer lugar, se entiende que el edificio es un sistema físico que separa el ambiente exterior, protegiendo el interior. A su vez, el edificio puede llegar a ser un filtro para bloquear influencias externas no deseadas, dejando pasar las influencias que se consideren positivas, como lo pueden ser la luz y la iluminación natural. Para lograr esto, se debe determinar cuando se deben excluir la radiación, los vientos y otros factores del clima que influyen en el confort y la habitabilidad de los espacios.

Cuando un edificio es completamente hermético con su exterior, son necesarias instalaciones especiales como son los sistemas de calefacción y refrigeración (aire acondicionado) para lograr el confort necesario, provocando que se genere un alto costo energético y de mantenimiento. Estos costos y demanda energética se pueden reducir sobre todo haciendo el edificio más eficiente respecto al medio ambiente en el que se encuentra.

Un ejemplo de estas prácticas en otras partes del mundo es el artículo *"Dialectic Form Finding of Passive and Adaptive Shading Enclosures -2014"* Elaborado por el *Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University, Princeton. School of Architecture, Princeton University* y el *Laboratoire Navier/Géométrie Structure Architecture, Ecole des Ponts ParisTech* donde se reveló que es posible generar ahorros en las cargas anuales de refrigeración y calefacción entre 14% al 43%, volviéndolo escalable a cualquier edificio. Es importante recalcar que para lograr esta efectividad se debe de realizar un estudio y diseño particular para cada sitio.

Si estas prácticas de diseño se pudieran escalar a la totalidad de construcciones en el país, el consumo y la demanda, e incluso la dependencia energética podrían ir disminuyendo, reduciendo de esta manera el impacto ambiental sin perder condiciones de habitabilidad y confort. Estas estrategias pueden ser aplicadas también al diseño urbano, pero es importante generar una metodología que pueda ser replicable y construible para la sociedad.

Metodología de trabajo.

Este trabajo está dividido en 10 partes, los capítulos 4 y 5 profundizan el caso de estudio y su campo de acción, considerándose los ejes rectores de la investigación.

Introducción: En este apartado se plantean los objetivos y el alcance del trabajo, donde en primera instancia se hace una reflexión de la importancia y el valor de estos temas en la arquitectura contemporánea.

Capítulo 1: En este capítulo se expresa el marco teórico explicando la evolución de la tipología del edificio a lo largo de la historia y como este campo de investigación está siendo aplicado y como se aplicará en este trabajo.

Capítulo 2: Se hace mención del sitio geográfico donde se desarrollará el proyecto, así como todas las implicaciones del medio físico natural y artificial, además de la normatividad necesaria para esta tipología arquitectónica.

Capítulo 3: Aquí se desarrolla toda la información necesaria para poder elaborar el proyecto arquitectónico.

Capítulo 4: Se profundizan los temas centrales del trabajo de investigación en apoyo de los requerimientos del proyecto arquitectónico, desarrollando la optimización ambiental específica del sitio, empezando con una geometría inicial hasta llegar a la envolvente que satisface todas las necesidades planteadas. Para esto se determinarán los factores del medio físico que influyen, del mismo modo, como sus parámetros que se buscarán maximizar o minimizar. Lográndolo por medio de la optimización multi objetivo, llegando a la envolvente más eficiente para el sitio.

Capítulo 5: Se profundiza en la optimización estructural de la cubierta, partiendo de una estructuración base, donde a través de simulaciones se llegará al diseño y secciones estructurales más eficientes para el proyecto bajo los parámetros establecidos. Para esto se hará un análisis estructural con criterios tradicionales y un segundo análisis con el diseño optimizado para corroborar los resultados obtenidos, entendiendo lo eficiente y resistente que puede llegar a ser respecto al diseño con criterios tradicionales.

Metodología de trabajo.

Capítulo 6: Este capítulo es la síntesis gráfica de las optimizaciones, donde una vez terminado las optimizaciones, se plasmará en planos su relación con los requerimientos y necesidades del proyecto arquitectónico.

Capítulo 7: Al igual que el anterior, este capítulo es la síntesis constructiva de las optimizaciones, donde a través de planos estructurales y constructivos se plasmarán los resultados obtenidos.

Capítulo 8: En esta parte del trabajo se desarrollan las instalaciones necesarias para el estadio en un criterio constructivo y funcional.

Capítulo 9: Se hacen las conclusiones pertinentes de la investigación, tanto del proceso como de los resultados obtenidos, determinando si es posible llevar una metodología que sea replicable en la optimización de edificios bajo estos dos parámetros, respondiendo a la hipótesis.

1.- FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA



1.1.1.- Espectáculos deportivos: Espectáculos deportivos: Espacios abiertos e inmuebles instituidos por grandes instalaciones donde se desarrollan eventos deportivos de diversos tipos, como espectáculos organizados para la recreación y esparcimiento de la población en general; dentro de estas instalaciones se encuentran los estadios de fútbol... [1].

1.1.2.- Estadio: Todo recinto en el que se juega un partido. Comprende todas las instalaciones del estadio (a las que solo se puede acceder con la acreditación correspondiente) dentro de la valla perimétrica exterior y los días de partido o aquellos en los que se llevan a cabo sesiones de entrenamiento oficiales en el estadio, también el espacio aéreo por encima de ellas. El término estadio incluye todos los estacionamientos, áreas VIP y de servicio preferente (hospitalidad), áreas de prensa, de los concesionarios de venta de comidas y bebidas, de publicidad, los edificios, el césped, el terreno de juego, el centro de transmisiones, el de prensa, los graderíos y los sectores por debajo de estos.[2]

1.1.3.- Fútbol: Fútbol: El fútbol, conocido también como balompié o soccer, es un deporte de equipo jugado entre dos conjuntos de 11 jugadores cada uno (futbolistas) y un árbitro que se ocupa del cumplimiento de las reglas; es considerado el deporte más popular del mundo. Es dirigido por la FIFA (Federación Internacional de Asociaciones de Fútbol).[3]

1.1.4.- Optimización: El propósito de la optimización es encontrar o identificar la mejor solución posible, entre todas las potenciales, para un problema dado, en términos de algún o algunos criterios de efectividad o desempeño.[4]

1.1.5.- Modelo Paramétrico: Es un conjunto de ecuaciones que expresan información con respecto a un sistema arquitectónico, como funciones explícitas de una serie de parámetros. Conformado por tres componentes, parámetros, algoritmos y resultados.[5]

[1] SEDESOL, (2009), Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, Tomo V – Recreación y deporte.

[2] FIFA, (2011), Reglamento de Seguridad de los estadios.

[3] Fútbol. (2020, febrero 23). Recuperado de <https://www.ecured.cu/Fútbol>

[4] Brook Taylor (1971).

[5] David Stasiuk (2013).

1.1.6.- Modelado computacional: Es un modelo capaz de desarrollar sistemas de diseño que operen de acuerdo con un conjunto de procedimientos que constan de un número finito de reglas, al definir una sucesión de operaciones para la solución de un problema dado... Los modelos computacionales se caracterizan por ser de naturaleza paramétrica sin que lo contrario sea necesariamente cierto... El proceso de re-parametrización es particularmente directo en describir un enfoque computacional, ya que el algoritmo es utilizado para leer y escribir de forma efectiva en su espacio de parámetros... [6].

1.1.7.- Modelado Generativo: Será entendido como aquel que no solo cumple con todos los criterios por ser un modelo computacional, pero que durante una sola instancia de ejecución incorpora adicionalmente una capacidad para relaciones topológicas no fijadas entre elementos del modelo, y / o se actualiza a través de la acumulación gradual de nuevos elementos del modelo que son morfogénicamente recursivos.,[7]

1.1.8.- Algoritmos Evolutivos: Son sistemas de resolución de problemas de optimización o búsqueda basados en el ordenador empleando modelos computacionales de algún mecanismo de evolución conocido como elemento clave en su diseño e implementación. [8]

1.1.9.- Optimización de Pareto: La eficiencia de Pareto o la optimización de Pareto es una situación en la que ningún criterio individual o de preferencia puede mejorar sin empeorar al menos un criterio individual o de preferencia o sin perderlo. La frontera de Pareto es el conjunto de todas las asignaciones eficientes de Pareto, que se muestran gráficamente de forma convencional . También se le conoce como el frente de Pareto.

[6] David Stasiuk (2018).

[7] David Stasiuk (2018).

[8] Alfonso Mateos Andaluz (2014).

[9] Vilfredo Pareto (1906).

1.1.10.- Optimización Estructural:

Se basa en las distribuciones de esfuerzo en una estructura, obteniendo el óptimo deseado removiendo el material esforzado más bajo de la misma. El proceso de optimización estructural se da tradicionalmente, siguiendo una vía paramétrica, donde la forma y la topología de una estructura, son definidas por un grupo de parámetros, los cuales son modificados para conseguir un objetivo como: un volumen mínimo, reducción de concentradores de esfuerzos, etc., pero sin violar ninguna restricción. La remoción de material está basada en un nivel de esfuerzos, proveniente de un análisis por elementos finitos. Se eliminan haciendo una comparación entre el esfuerzo en por elemento y el esfuerzo máximo de la estructura, donde todos los elementos que satisfacen la condición son borrados del modelo.[10]

Para llevar esto a cabo se utilizarán los siguientes Software de diseño implementándose en la metodología de trabajo:



Rhinoceros 7 - Software base de diseño.

Grasshopper - Lenguaje de programación.

Karamba 3D - Plugin de análisis y simulación estructural.

Wallacei- Plugin de optimización.

Imagen 6.(2019) Logo de Rhinoceros 7. Recuperado de <https://bit.ly/2waY9Cz>

Imagen 7.(2019) Logo de Grasshopper. Recuperado de <https://bit.ly/2yqyEhk>

Imagen 8.(2019) Logo de Karamba 3D. Recuperado de <https://bit.ly/3aCzeXD>

Imagen 9..(2020) Logo de Wallacei. Recuperado de <https://bit.ly/2xLcdmL>

[10] Optimización Estructural (2020, febrero 23). Recuperado de <http://adlermexico.com.mx/optimización-estructural.html>

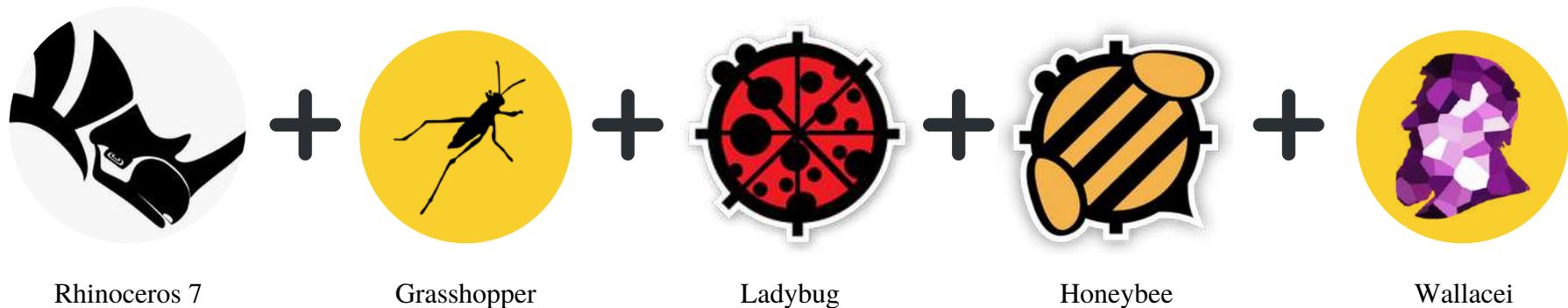
1.1.- Definiciones:

1- Fundamentación del tema.

1.1.11.- Optimización Ambiental:

El diseño ambiental en la arquitectura es la integración de los análisis térmicos, visuales y la calidad del aire. Ya sea al interior o exterior de los edificios, por lo que la optimización ambiental es encontrar la mejor solución de diseño de acuerdo a los múltiples objetivos y parámetros del proyecto, analizando la relación del edificio con el medio físico natural, principalmente la radiación, iluminación y ventilación natural, con el fin de conseguir espacios que garanticen el mejor confort para los usuarios disminuyendo de igual manera el impacto ambiental negativo de la edificación. [11]

Para llevar esto a cabo se utilizarán los siguientes Software de diseño implementándose en la metodología de trabajo:



Rhinoceros 7 - Software base de diseño.

Grasshopper - Lenguaje de programación.

Ladybug - Plugin de importación y análisis de información climatológica.

Honeybee - Plugin de análisis y cálculo de aspectos climatológicos.

Wallacei - Plugin de optimización.

Imagen 10.(2019) Logo de Rhinoceros 7. Recuperado de <https://bit.ly/2waY9Cz>

Imagen 11.(2019) Logo de Grasshopper. Recuperado de <https://bit.ly/2yqyEhk>

Imagen 12.(2020) Logo de Ladybug. Recuperado de <https://bit.ly/34dBgz>

Imagen 13.(2019) Logo de Honeybee. Recuperado de <https://bit.ly/3bMXzdt>

Imagen 14.(2020) Logo de Wallacei. Recuperado de <https://bit.ly/2xLcdmL>

[11] Fuente: Elaboración propia.

1.2.1.- Internacionales:

Los estadios comienzan en la cultura griega y los juegos olímpicos, considerándose el Peloponeso en el año 776 a.C. como el estadio más antiguo del mundo, aunque fue construido solamente para pruebas atléticas. El primer estadio de fútbol tiene origen a finales del siglo XIX en Reino Unido, perteneciendo a *Bramall Lane*, el cual albergaba al *Sheffield Football Club* inaugurándose en 1855 en *South Yorkshire*, al norte de Inglaterra. Los primeros estadios estaban conformados únicamente por gradas, mientras avanzaba el campo tecnológico las cubiertas se fueron implementando en estos espacios para proteger a los espectadores de los agentes naturales como el sol y la lluvia, de esta forma se evita que la gente abandone el partido antes de que concluya.

La fiebre de los estadios recorrió todo el mundo y no solamente de fútbol, se empezaron a construir estadios para las distintas disciplinas deportivas debido al éxito que generó, lo que permitió tener grandes avances tecnológicos en poco tiempo, construyéndose el primer estadio completamente cerrado entre 1963 y 1965. El *Astrodome* en la ciudad de Houston, Texas (EE.UU.). Este estadio propuso que los beneficios de la protección térmica también fueran para los jugadores, de esta forma ellos podían rendir mejor y el partido se disfrutaría más.

Cuando empezaron las copas mundiales de fútbol los países sede empezaron a apostar por estadios y proyectos ambiciosos. Los estadios modernos llegaron a acoger más de 100,000 espectadores, volviendo la tipología cada vez más compleja y completa, considerando instalaciones especiales y altas medidas de seguridad para estos eventos. La capacidad de los estadios llegó al límite el primero de mayo de 1989 en Corea del Norte, donde se inauguró el estadio más grande del mundo con una capacidad de 150,000 espectadores. Desde entonces ningún estadio se ha construido con aforos de ese tamaño.

Los estadios empezaron a optar por tamaños más reducidos, prefiriendo aumentar la experiencia y seguridad que su capacidad, cuando un estadio es más grande, las complicaciones estructurales, constructivas y económicas crecen.

1.2.2.- Nacionales:

El fútbol es el deporte más popular del país, sobre todo en el centro de la república donde es visto por millones de personas. Todo comenzó en 1901 donde se practicaba en forma el fútbol en distintos clubes sociales, de los cuales destacan el Pachuca Athletic Club fundada por la empresa "Real del Monte", Orizaba Athletic Club, Club Reforma, México Cricket y British. En ese mismo año estos clubes jugaron la primera competencia nacional. En 1927 se formó la Federación Mexicana de Fútbol, aceptada por la FIFA (en francés, *Fédération Internationale de Football Association*) como la autoridad máxima del fútbol en México, gracias a esta organización en 1930 México jugó su primer partido a nivel internacional en la Copa Mundial de Fútbol contra Uruguay. Para 1950 el deporte se volvió tan popular que equipos de todo el país querían formar parte de la liga, por lo que la FMF decidió crear la segunda división, así los equipos podían competir en distintas categorías. El ganador del torneo de segunda división podía acceder a primera división ocupando el lugar del equipo que quedara en último lugar.

A partir de este entonces empezaron a emerger los grandes y emblemáticos estadios, entre ellos el coloso de Santa Úrsula y el estadio universitario en Ciudad Universitaria (que primeramente fue concebido para el fútbol americano).

En el año de 1970 se celebró el Mundial de Fútbol en México, donde participaron 16 países. Los estadios sede fueron el Estadio Azteca, en el Estadio Luis Dosal (La bombonera), el Estadio Jalisco, el Estadio Cuauhtémoc y el Estadio León Nou Camp. Para el año de 1986, Colombia tenía la sede del Mundial de Fútbol, pero por problemas sociales y económicos tuvo que declinar la sede, ganando por unanimidad México. Para esta edición participaron 24 equipos.

Después, en el año de 2007 la federación fundó la primera liga de fútbol femenino profesional, disputada por 24 equipos donde cada equipo puede participar en ambas categorías. Finalmente, en el año del 2010 empezaron a construirse estadios con nuevos criterios de diseño enfocándose en la sustentabilidad, entre ellos destaca el Estadio Akron de las Chivas y posteriormente el Estadio BBVA Bancomer del Club Monterrey.

Para el año 2026 México será nuevamente sede de la Copa Mundial de Fútbol siendo coanfitrión con Canadá y Estados Unidos, las sedes serán únicamente los estadios con una capacidad mínima de 40,000 espectadores.

1.2.- Antecedentes históricos y arquitectónicos del tema.

1- Fundamentación del tema.

1.2.2.- Nacionales:

Estadio Olímpico Universitario



Imagen 15.(2019) Estadio Olímpico Universitario. Recuperado de <https://bit.ly/3aH5F7t>

Estadio BBVA Bancomer



Imagen 16.(2017) Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2yqAfDQ>

Estadio	Ciudad	Propietario	Equipo	Año	Capacidad
Azul	Ciudad de México	OCESA	Cruz Azul	1946	36'668
Olimpico Universitario	Ciudad de México	Universidad Nacional Autónoma de México	Pumas UNAM	1952	72'000
Nemesio Díez	Toluca	Deportivo Toluca	Toluca	1954	30'000
Jalisco	Guadalajara	Clubes Unidos de Jalisco	Atlas	1960	54'963
Azteca	Ciudad de México	Grupo Televisa	América	1966	87'000
León	León	Ayuntamiento de León	León	1967	28'943
Luis "Pirata" Fuente	Veracruz	Gobierno del Estado de Veracruz	Veracruz	1967	30'000
Universitario	San Nicolás de la Garza	Universidad Autónoma de Nuevo León	Tigres UANL	1967	42'000
Cuahtémoc	Puebla	Gobierno del Estado de Puebla	Puebla	1968	51'726
Corregidora	Querétaro	Gobierno del Estado de Querétaro	Querétaro	1985	35'575
Morelos	Morelia	Gobierno del Estado de Michoacán	Morelia	1989	38'869
Olimpico de la BUAP	Puebla de Zaragoza	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Lobos BUAP	1992	22'000
Hidalgo	Pachuca	Grupo Pachuca	Pachuca	1993	30'000
Victoria	Aguascalientes	Ayuntamiento de Aguascalientes	Necaxa	2003	25'994
Caliente	Tijuana	Jorge Hank Rhon	Tijuana	2007	27'333
TSM Corona	Torreón	Orlegi Deportes	Santos	2009	30'000
Chivas	Zapopan	Jorge Vergara	Chivas	2010	49'850
BBVA Bancomer	Guadalupe	FEMSA	Monterrey	2015	52'237

Tabla 1. Estadios de futbol de primera división. (Del más antiguo al más reciente). Fuente: Elaboración propia.

1.2.- Antecedentes históricos y arquitectónicos del tema.

1.2.3.- Locales.

El fútbol en el municipio de Naucalpan empezó alrededor del año 1901 en el Club Reforma, conforme pasó el tiempo los terrenos de la zona empezaron a edificar industrias y vivienda. El primer estadio apareció en 1963 en la Unidad Cuauhtémoc con gradas a la intemperie de una capacidad de 2,000 espectadores y otra tribuna techadas con capacidad de 1,000 espectadores. De ahí los siguientes estadios en construirse estuvieron más orientados al Fútbol Americano que al soccer, ejemplo de ello es el Estadio de Perros Negros de 2,500 espectadores y el Estadio Jose Ortega Martínez con una capacidad de 3.500 espectadores ubicado en la Universidad del Valle de México. Considerándose pequeños para una población de 821,442 personas que tiene el municipio. En el año 2018, una vez electa la presidenta municipal expreso públicamente la idea de construir el estadio del Cruz Azul en este municipio, pero a la fecha no hay ninguna propuesta concreta.

1.2.4.- Conclusiones.

La historia de los estadios está relacionada con el crecimiento económico de los países, ya que los estadios más grandes y modernos se encuentran en los países del primer mundo, a excepción de algunos casos. Estos mismo generan en su construcción y operación un impacto masivo que es difícil de amortizar sin las estrategias adecuadas, actualmente la FIFA exige varios aspectos que se deben considerar para que el edificio sea sustentable. Los primeros ejemplos en México presentan propuestas interesantes y acercadas a la realidad, como el Estadio Akron con su talud de pasto sobre estadio logrando una forma y una integración interesante del proyecto, de igual forma tenemos el Estadio BBVA con el manejo de aguas negras y pluviales, implementando sistemas de ventilación pasivos a través de su “piel” (fachada). Lamentablemente estas propuestas han sido únicas, no se han repetido ni profundizando en otros estadios ni en otras tipologías arquitectónicas. Los estadios existentes en el municipio limitan por su capacidad la participación y creación únicamente de eventos locales, excluyéndose los de carácter nacional e internacional.

1- Fundamentación del tema.

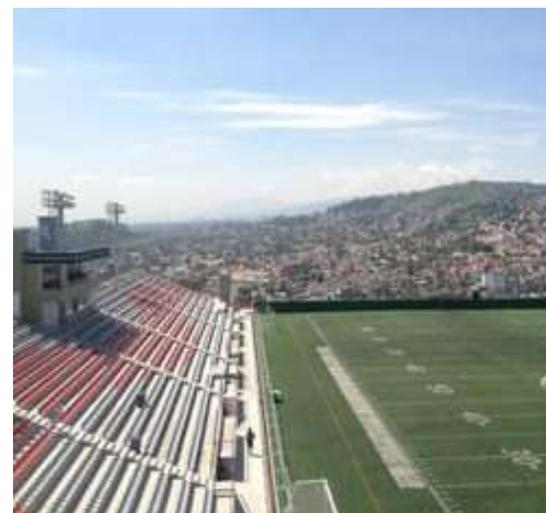


Imagen 17.(2017) Estadio José Ortega Martínez.
Recuperado de <https://bit.ly/2JPoGZD>

1.3.1.- Internacionales.

Desde el año 2014 los estadios empezaron a tener nuevas facetas a nivel mundial, empezando con la Copa Mundial de Fútbol en Brasil, donde normalmente la fachada estaba determinada por la misma estructura del edificio, en cambio ahora los estadios presentan fachadas cubiertas con materiales térmicos y diseños paramétricos aprovechando la plasticidad que pueden tener.

Actualmente cuando se piensa en un estadio, no solamente se piensa en ir a ver un partido de fútbol, sino, en todas las actividades y espacios complementarios que ahora existen, en algunos casos hay centros comerciales, hoteles e incluso casinos dentro de los mismos. Situación obligada para volver más rentables los espacios, sobre todo los estadios mundialistas, ya que su esplendor dura un par de meses, volviéndose insostenibles después por su capacidad y sus altos costos de mantenimiento, optando por realizar conciertos masivos, eventos culturales y deportivos dentro de la cancha de fútbol.

El máximo nivel tecnológico de diseño y construcción de estadios alcanzado hasta este momento llegó para la Copa Mundial de Fútbol 2022 en Qatar, donde los mejores despachos de arquitectura participaron para su realización, contemplando a detalle la sustentabilidad y la arquitectura bioclimática por las altas temperaturas de la zona, implementando sistemas pasivos y activos. Así mismo, el poder económico del país permite que se construyan diseños nunca antes vistos, como la propuesta del estadio Al Wakrah de Zaha Hadid Architects. Otra de las innovaciones que se ven en estos nuevos estadios es la posibilidad de agregar o quitar las butacas para ajustar el número de espectadores para eventos medianos o grandes.



Imagen 18.(2013) Estadio Al Wakrah. Recuperado de <https://bit.ly/2X6Dnix>

1.3.2.- Nacionales.

Cuando se habla de los mejores estadios de México, el Estadio BBVA siempre encabeza la lista considerándose el estadio más lujoso, tecnológico y futurista del país. Esto se logró gracias a su increíble diseño, su estructura, su fachada metálica, el diseño de sus jardines exteriores, zona de estacionamiento así como su integración en el medio.

Constructivamente la tendencia de los estadios en México está orientada en 3 sentidos.

La estructura principal y su cimentación es de concreto colado en sitio.

La estructura de las gradas es de concreto prefabricado.

Las cubiertas y fachadas son de estructura metálica.

Se considera también importante el diseño exterior o arquitectura del paisaje, misma que ayuda a mitigar las condiciones climáticas desfavorables.

En cuanto a la sustentabilidad, el estadio recibió la Certificación LEED Plata. En su diseño de paisaje se incluyeron árboles nativos del sitio como lo son el Encino Roble, Siempre verde y el Álamo Sicomoro. La estructura está diseñada para captar el agua de lluvia y dirigirla al río la silla para conservar el ciclo hidrológico natural del agua. En cuanto al agua potable, la cancha y las áreas verdes se riegan con agua reciclada, los sanitarios y lavabos son de bajo consumo. Por último, una de las grandes estrategias pasivas del proyecto es que el graderío tiene áreas perforadas y las "agallas" de la cubierta permite el paso de aire natural para el confort de los espectadores.



Imagen 19.(2020) Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2RaEERZ>

1.3.3.- Locales.

Actualmente en el municipio de Naucalpan no hay ninguna propuesta para esta tipología.

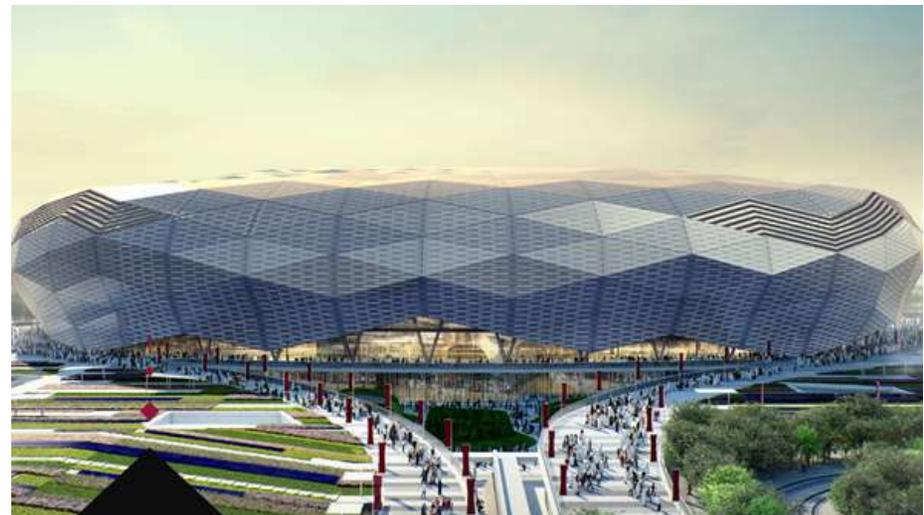
1.3.4.- Conclusiones.

El estado actual del tema es un tema interesante, ya que abre un abanico de posibilidades y oportunidades para nuevos desarrollos, donde el conocimiento requerido se va ampliando y especializando, sobre todo, el aspecto geométrico-estructural, que nos permite diseñar y construir las impresionantes y monumentales cubiertas que empiezan a tener más de una función como se ha explicado con anterioridad la importancia de este elemento que le da valor y aplicación a la sustentabilidad, el cual propone soluciones de confort para el usuario y la mitigación del impacto ambiental a través del ahorro energético, ya sea de forma pasiva o activa.

El emplazamiento y el diseño exterior también se consideran un tema dentro de la evolución de la tipología, un buen manejo de las áreas verdes y circulaciones exteriores habla de una experiencia más para el usuario y un recorrido agradable y confortable del acceso hasta el asiento para disfrutar cualquier espectáculo deportivo o cultural.



Imagen 20.(2020) Estadio Education City. Recuperado de <https://bit.ly/348aa0Y>



1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

1.4.1.- Internacionales:

1.4.1.1.- Estadio Hazza Bin Zayed. - Abu Dhabi

El Estadio HBZ recién terminado es el hogar del Club de Fútbol de Al Ain, uno de los principales clubes de la Liga Profesional UAE. Diseñado por Pattern Architects, el estadio de fútbol de la FIFA alberga 25.000 asientos y presenta un nuevo enfoque para la arquitectura deportiva en la región del Golfo mediante la incorporación de la identidad de Al Ain en la trama del diseño. Parte de esta identidad se define por el clima desértico local y el paisaje.

Al Ain es la segunda ciudad más grande en el Emirato de Abu Dhabi y ha estado habitada desde hace miles de años. Es bien conocida por sus plantaciones de palmeras datileras. El diseño de Pattern está inspirado en la geometría fractal de turno de las palmeras datileras. Los arquitectos utilizan tecnología paramétrica para crear una fachada exterior que refleja esto.

Superficie: 45,000.0 m²

Dimensiones: 265.0 x 223.0 metros.

Capacidad: 25,000 espectadores.

Dirección: 6PW8+2R Al Ain, Abu Dhabi - Emiratos

Árabes Unidos

Vista de la fachada principal.



Imagen 21. (2015) Estadio Hazza Bin Zayed. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Localización del Estadio.

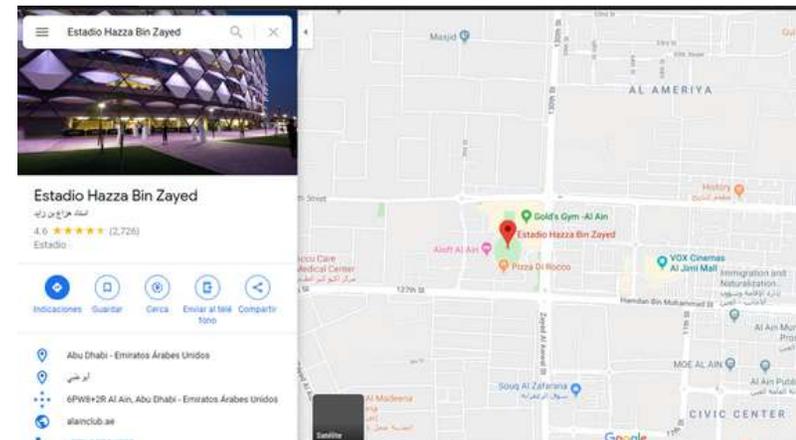


Imagen 22. (2020) Localización del Estadio Hazza Bin Zayed. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

Planta de Asientos - Estadio Hazza Bin Zayed

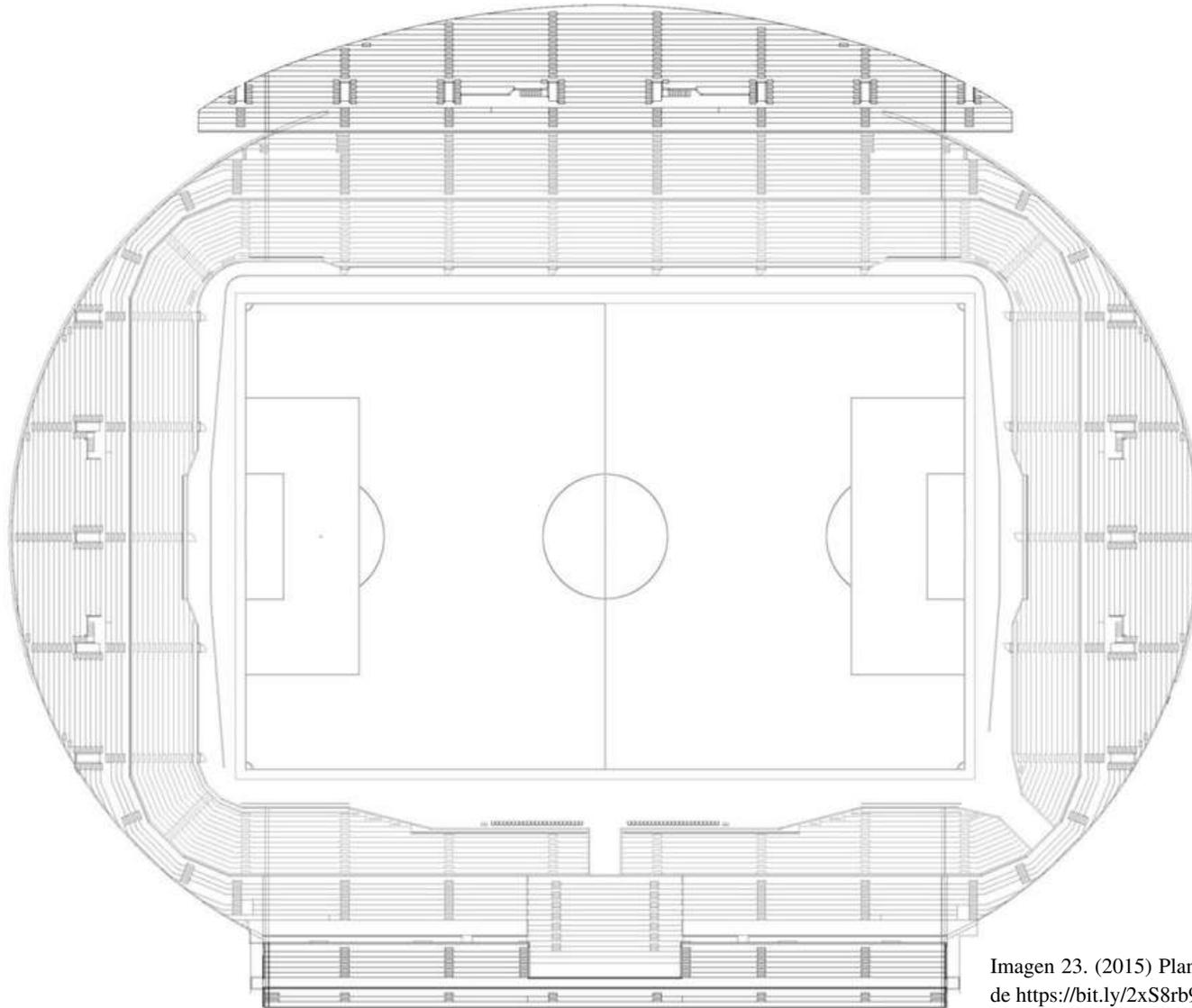


Imagen 23. (2015) Planta de gradas. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Planta de Techos - Estadio Hazza Bin Zayed

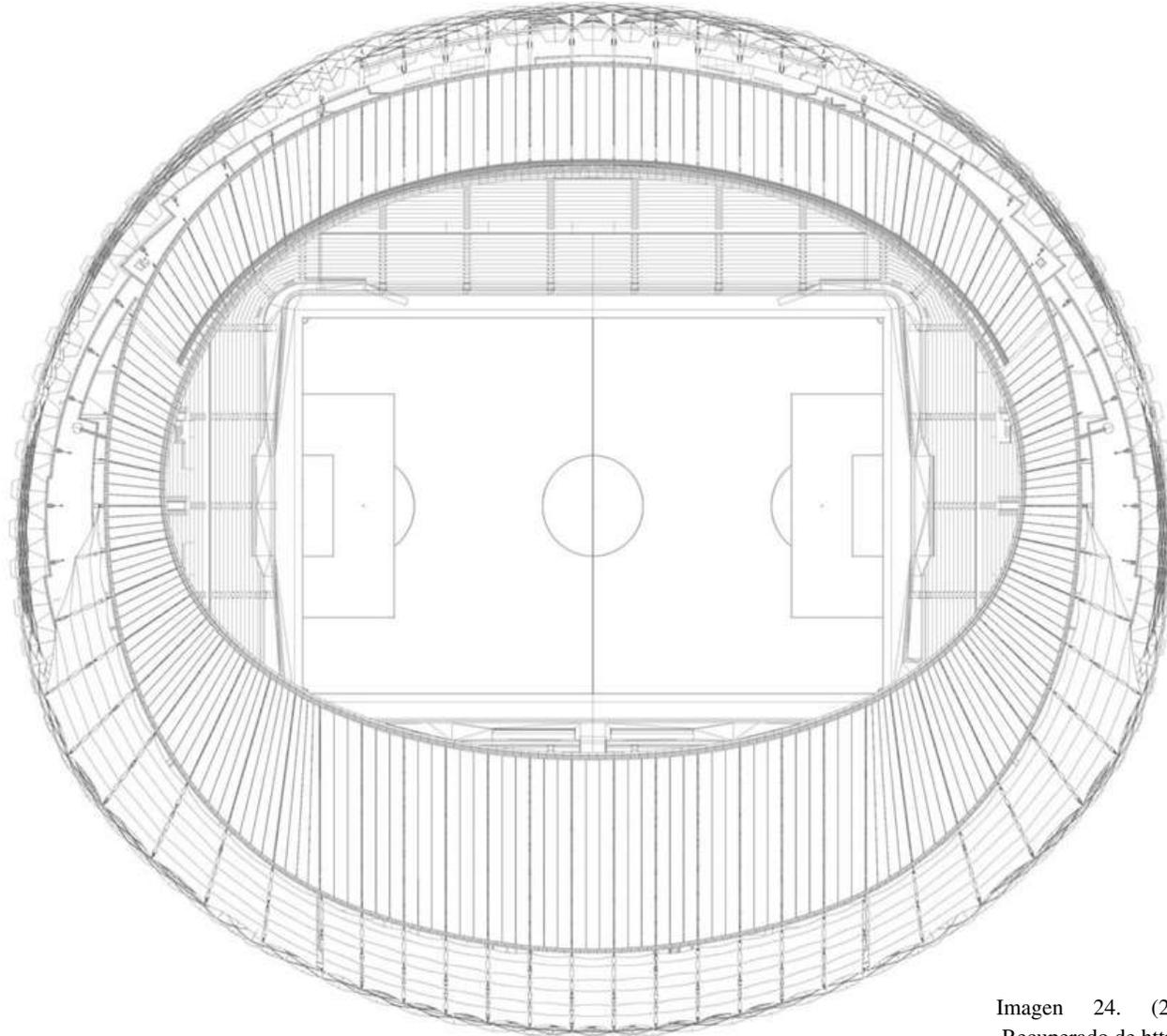


Imagen 30. (2019) Estadio Hazza Bin Zayed. Recuperado de

Imagen 24. (2015) Planta de techos.
Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Fachada Lateral- Estadio Hazza Bin Zayed

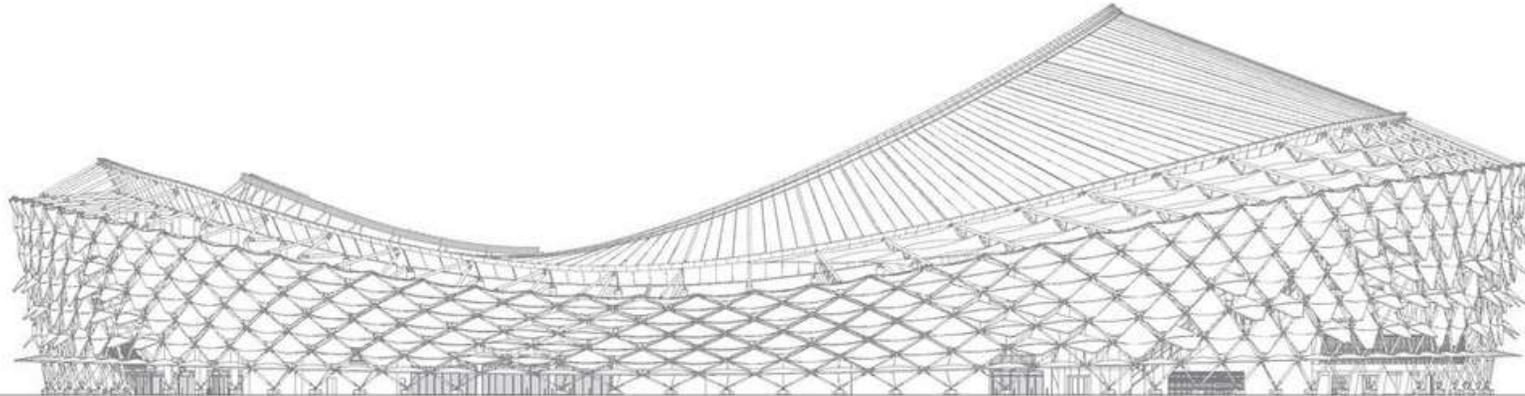


Imagen 25. (2015) Fachada Lateral. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>



Imagen 26. (2015) Fachada Lateral - Fotografía. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Corte y Detalles- Estadio Hazza Bin Zayed

Detalle de la celosía

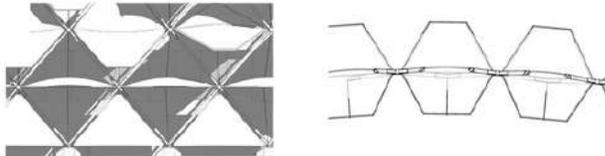


Imagen 27. (2015) Detalle de celosía. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Detalle de la fachada.

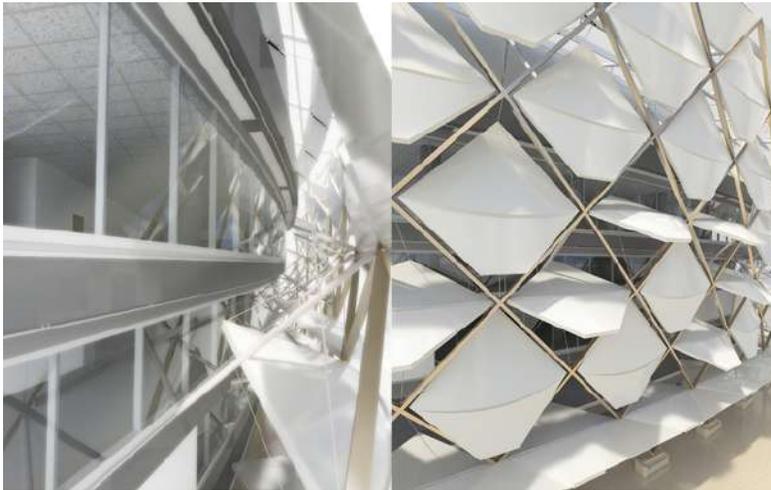


Imagen 28. (2015) Detalle de fachada. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

Sección de gradas.

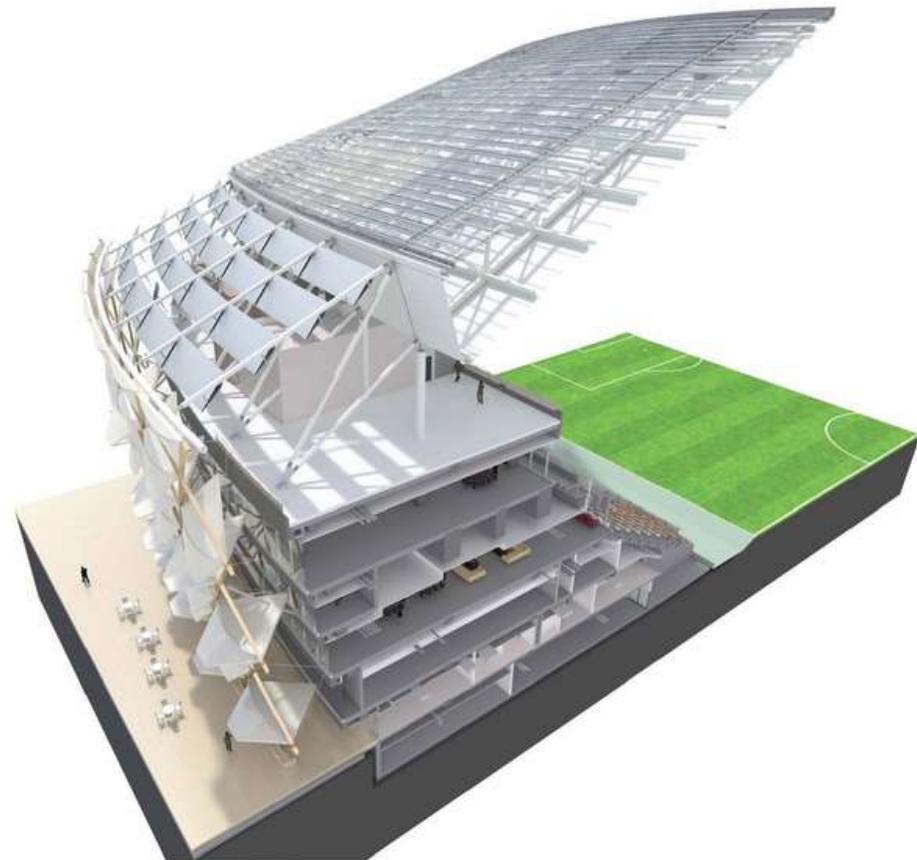


Imagen 29. (2015) Sección de gradas. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1.4.1.- Internacionales:

1.4.1.2.- Estadio Beira Rio - Brasil.

El Estadio Beira-Rio es la casa de Sport Club Internacional desde 1969. Su Historia comienza en 1961 con el relleno hecho sobre el Lago Guaíba, para crear el terreno del futuro estadio. En 1965, con el relleno finalizado, la construcción del estadio comenzó. El Beira-Rio fue inaugurado en el día 6 de abril de 1969 y desde entonces, fue palco de grandes momentos en la historia del club. En los primeros años su capacidad era de 90.000 espectadores con un record de 115.000 en 1972. Siguiendo padrones cada vez más rigurosos de seguridad y comodidad, su capacidad fue reducida a 54.000 lugares a comienzos del 2000.

Superficie: 165,000.0 m²

Dimensiones: 265.0 x 223.0 metros.

Capacidad: 50,200 espectadores.

Dirección: Av. Padre Cacique, 891 - Praia de Belas,
Porto Alegre - RS, 90810-240, Brasil

1- Fundamentación del tema.

Vista interior del Estadio.



Imagen 30. (2014) Estadio Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>

Localización del Estadio.

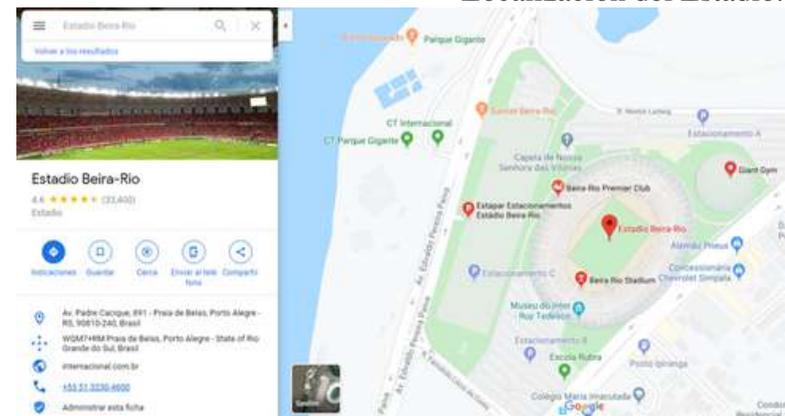


Imagen 31. (2020) Localización del Estadio Beira Rio. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

Planta Baja- Estadio Beira Rio

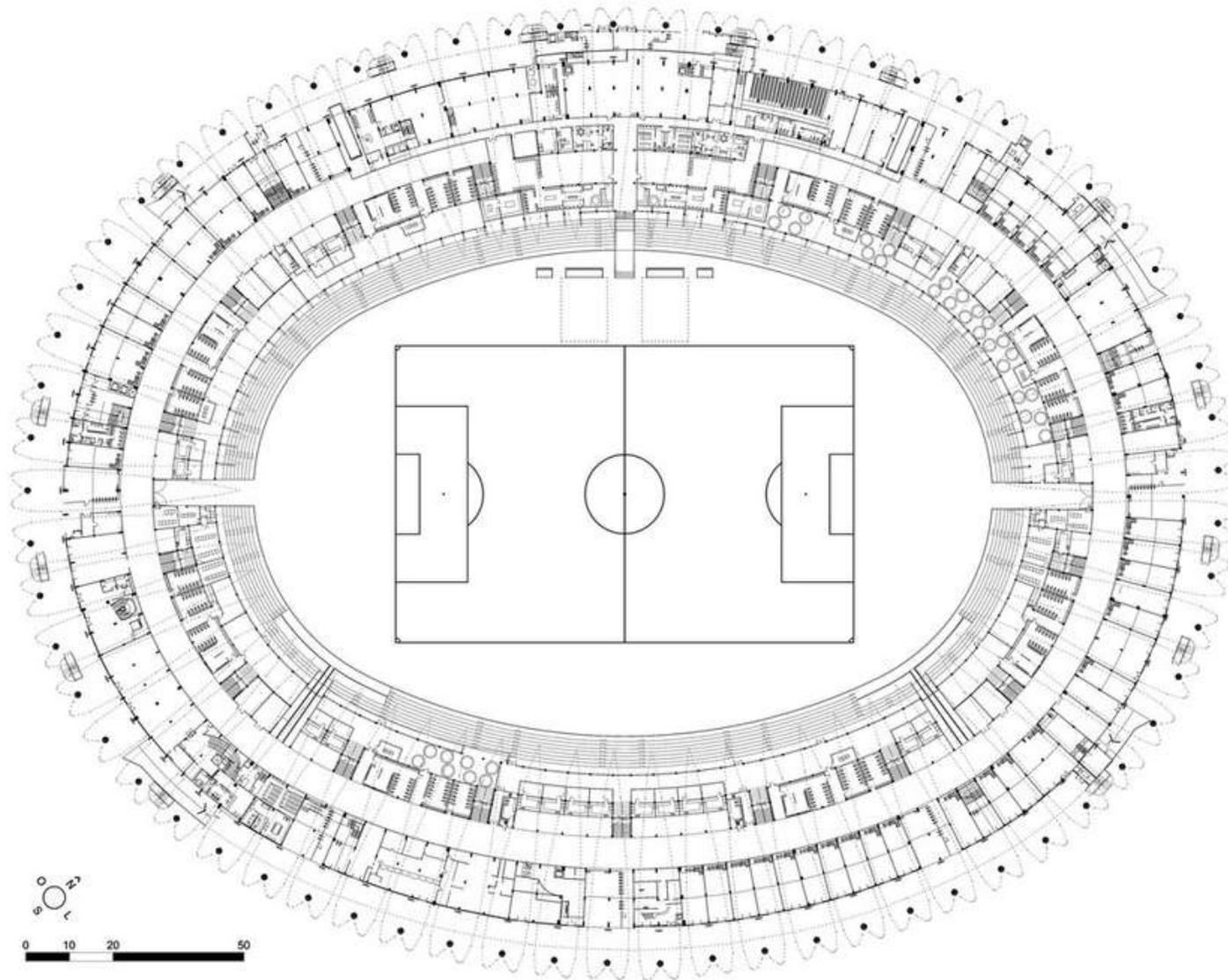


Imagen 32. (2014) Planta baja Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>

Planta de Asientos- Estadio Beira Rio

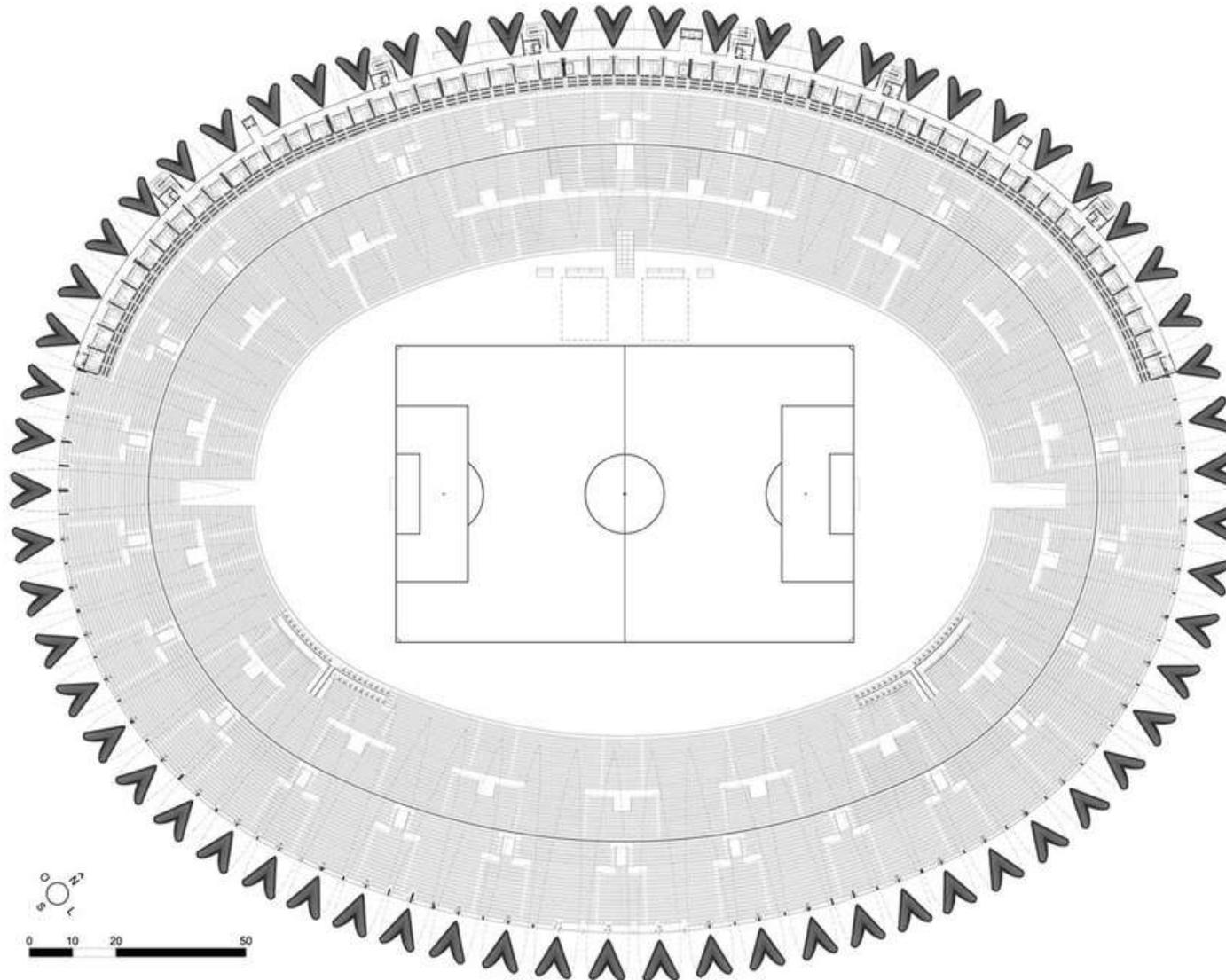


Imagen 33. (2014) Planta de gradas Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>

Planta de Techos- Estadio Beira Rio

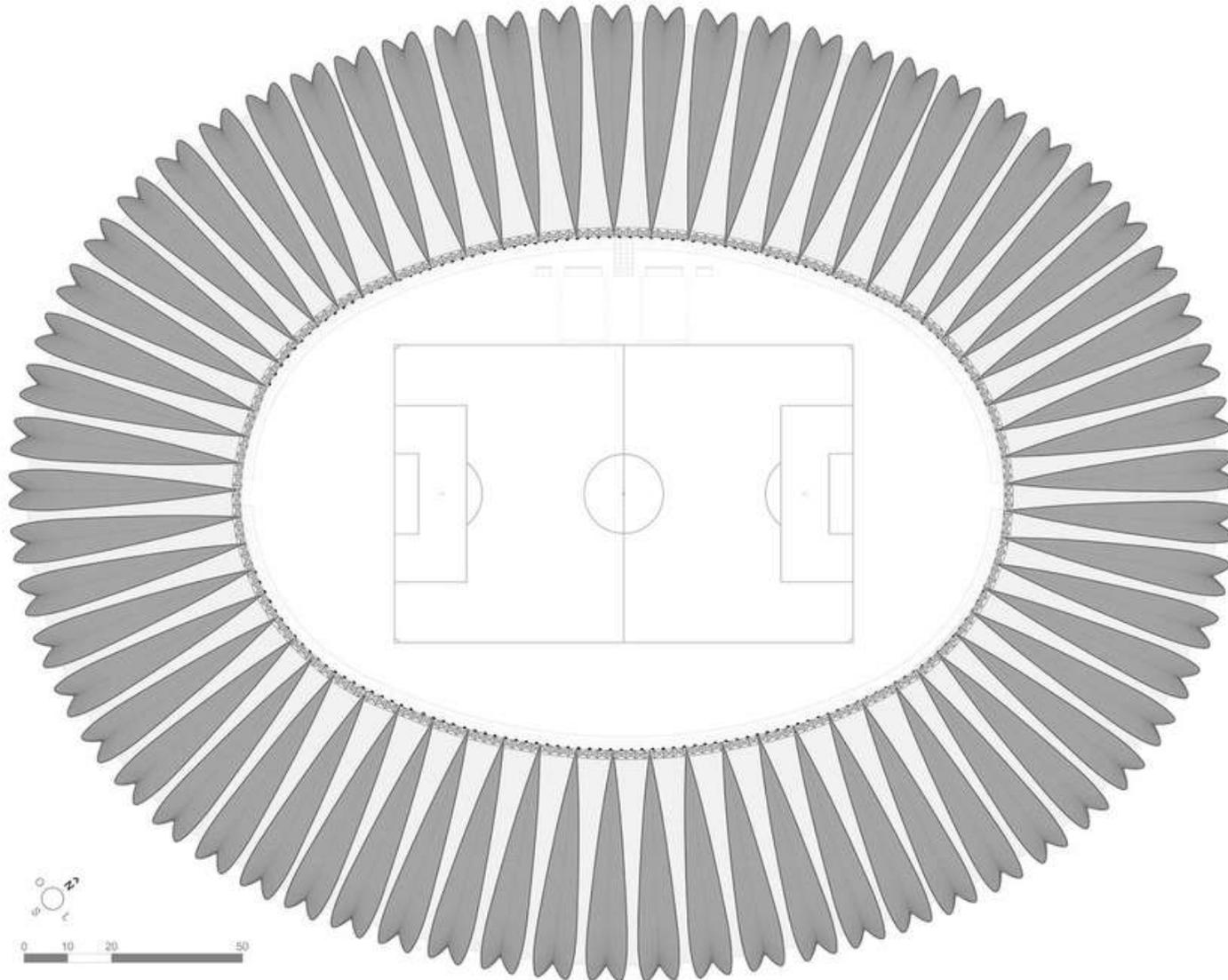


Imagen 34. (2014) Planta de techos Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>

Corte de Gradas- Estadio Beira Rio

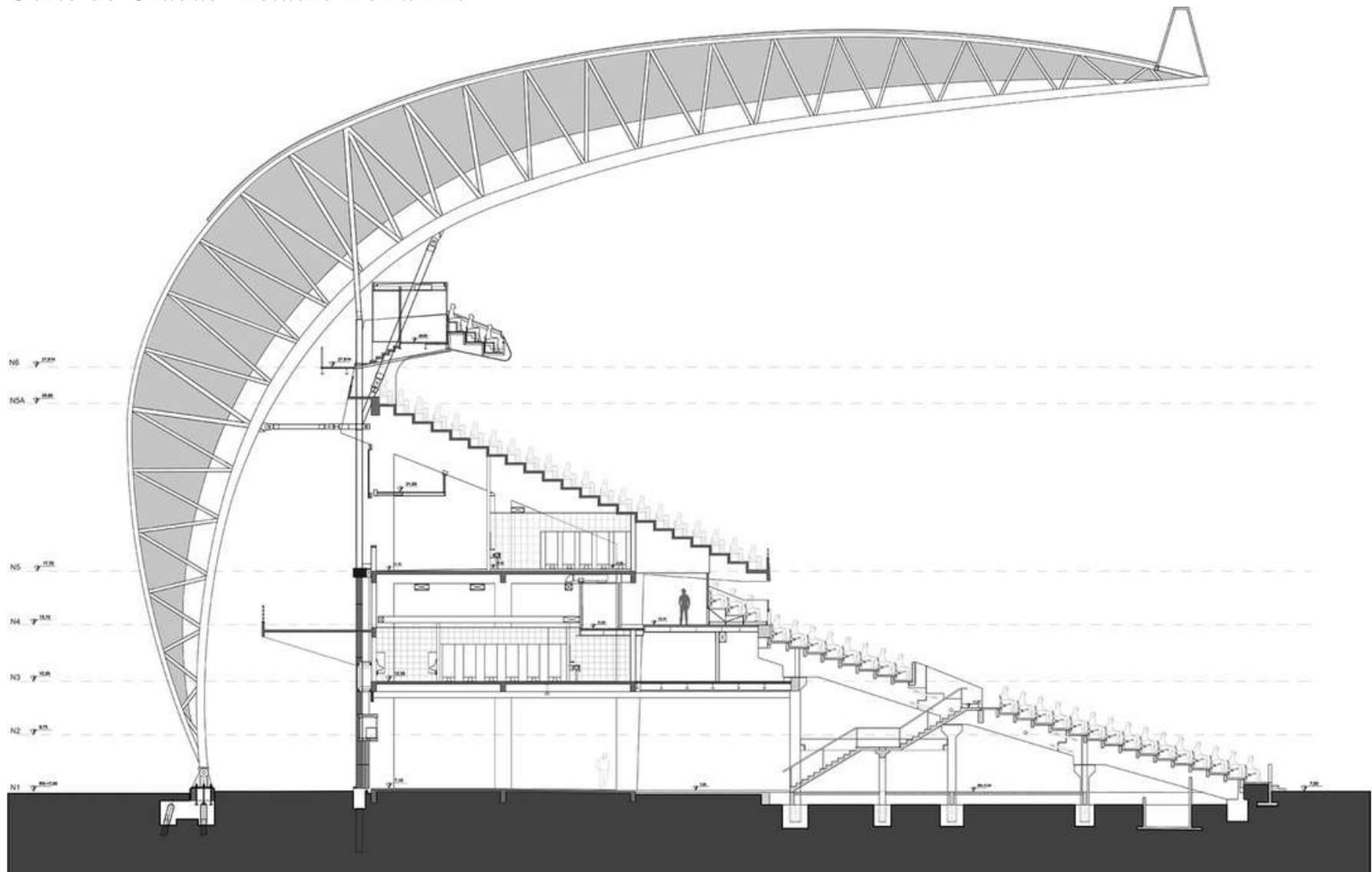


Imagen 35. (2014) Corte de Gradas Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1.4.1.- Internacionales:

1.4.1.3.- Estadio San Mames. - España

El Athletic Club de Bilbao es uno de los grandes clubes del fútbol europeo, y su anterior estadio con más de 100 años de antigüedad, fue uno de los míticos, conocido popularmente como “la catedral del fútbol”.

La ubicación del nuevo estadio como final de la trama urbana del Ensanche de Bilbao asomándose de manera privilegiada sobre la Ría, convierten al edificio en una pieza arquitectónica que debe manifestarse con fuerza y rotundidad pero a la vez con respeto hacia el resto de las edificaciones que completan esa zona de la ciudad. De esta reflexión surge uno de los primeros aspectos tenido en cuenta en su diseño, como es la concepción del volumen construido como edificio urbano, en relación con los demás y no como una mera instalación deportiva.

El estadio dispone de amplias zonas de hospitalidad, con palcos vip, localidades premium y sus zonas de ocio y reunión, restaurantes, cafeterías, Museo del Club, Tienda Oficial, zonas de reuniones, además de un polideportivo de uso continuado para la ciudad bajo una de sus gradas.

Superficie: 114,500.0 m²

Dimensiones: 265.0 x 223.0 metros.

Capacidad: 53,000 espectadores.

Dirección: Rafael Moreno Pitxitxi, s/n, 48013 Bilbo, Bizkaia, España.

1- Fundamentación del tema.

Vista de noche del Estadio.



Imagen 36. (2014) Estadio San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Localización del Estadio.

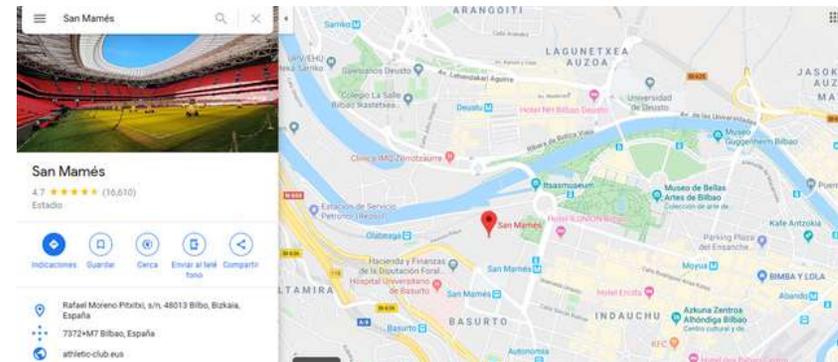


Imagen 37. (2020) Localización del Estadio San Mames. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

Planta Baja- Estadio San Mames.

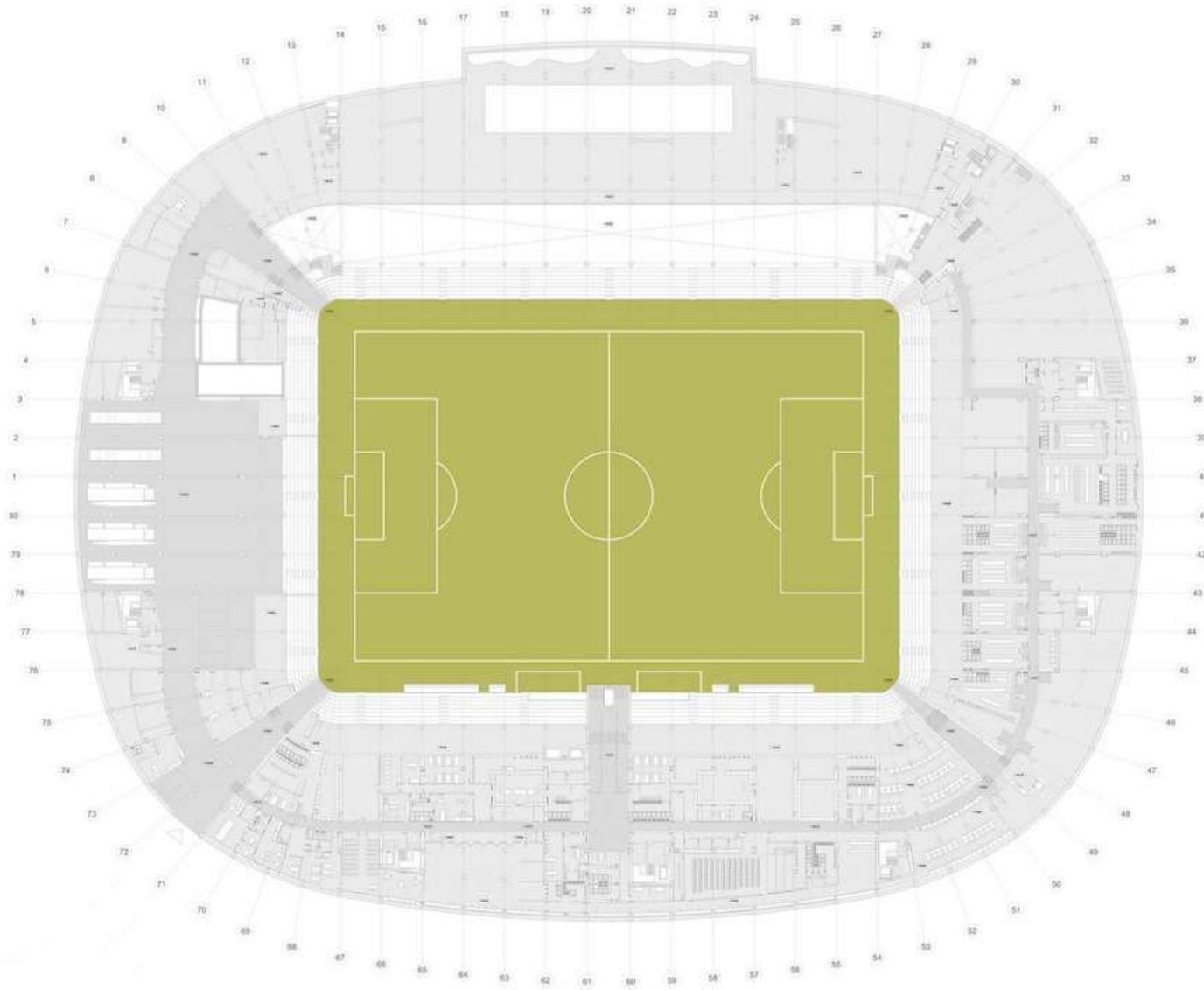


Imagen 38. (2014) Planta baja San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Primer Nivel- Estadio San Mames.



Imagen 39. (2014) Primer nivel San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Segundo Nivel- Estadio San Mames.

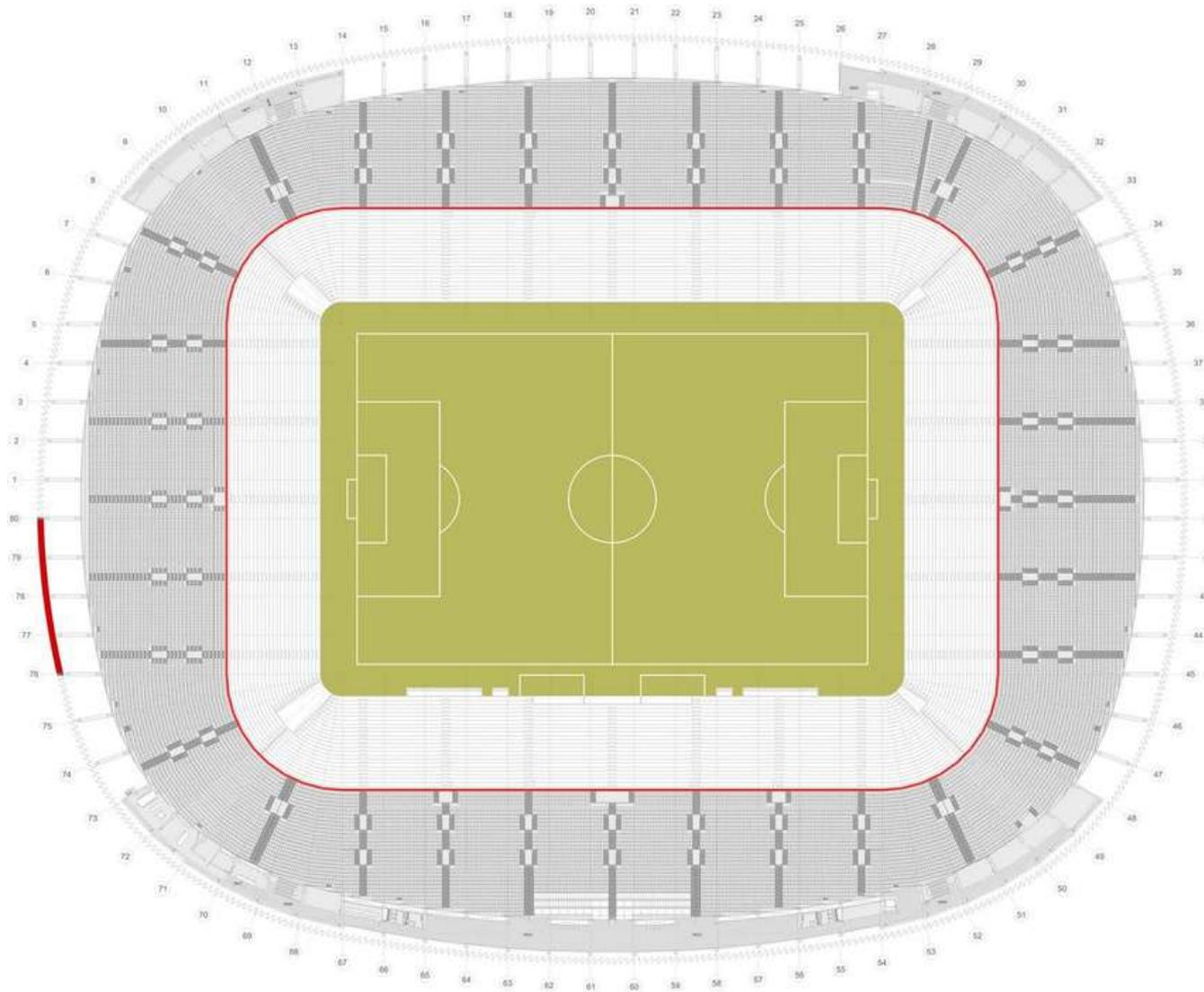


Imagen 40. (2014) Segundo nivel San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Planta de Techos- Estadio San Mames.

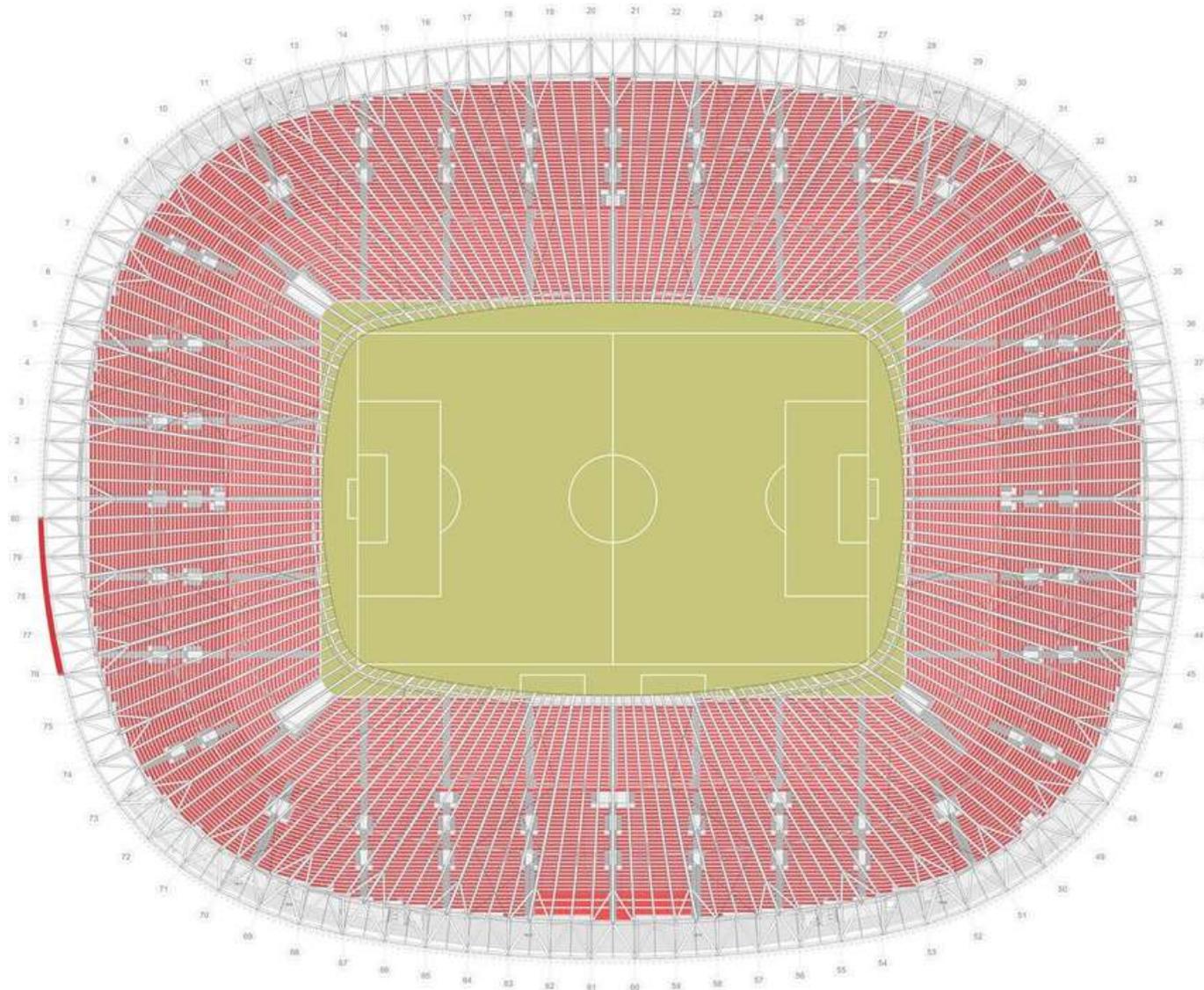


Imagen 41. (2014) Planta techos de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Fachadas y Cortes- Estadio San Mames.

Fachada Principal.



Imagen 42. (2014) Fachada principal de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

Corte Longitudinal.

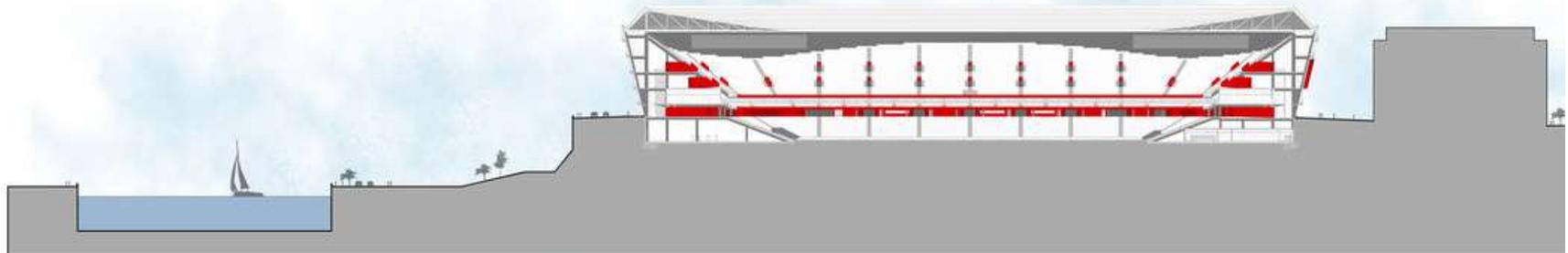
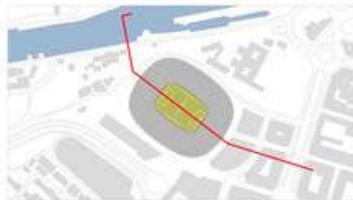


Imagen 43. (2014) Corte longitudinal de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1.5.2.- Nacionales:

1.5.2.1- Estadio Akron - México.

El Estadio Akron, es un estadio de fútbol que se encuentra en el municipio de Zapopan, el cual forma parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara y es sede del Club Deportivo Guadalajara de la Primera División de México.

El estadio Akron se inauguró el 29 de julio de 2010. Su diseño y construcción marca un parte-aguas en la concepción de recintos deportivos y de multi eventos del país. El concepto del estadio nace de la idea de un volcán verde dentro del cual se desarrolla la vida del estadio, remata con una “nube” que da protección a través de una cubierta que pareciera que flota sobre el volcán. Por su colindancia con el Bosque de la Primavera, la fachada del inmueble, así como el proyecto de paisaje exterior se integran en escala, color y textura al contexto existente.

Superficie: 370.000.0 m²

Dimensiones: 265.0 x 223.0 metros.

Capacidad: 49,850 espectadores.

Dirección: C. Cto. JVC 2800, El Bajío, 45019 Zapopan, Jal.

1- Fundamentación del tema.

Vista exterior del Estadio.



Imagen 44. (2020) Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/2xOIABb>

Localización del Estadio.

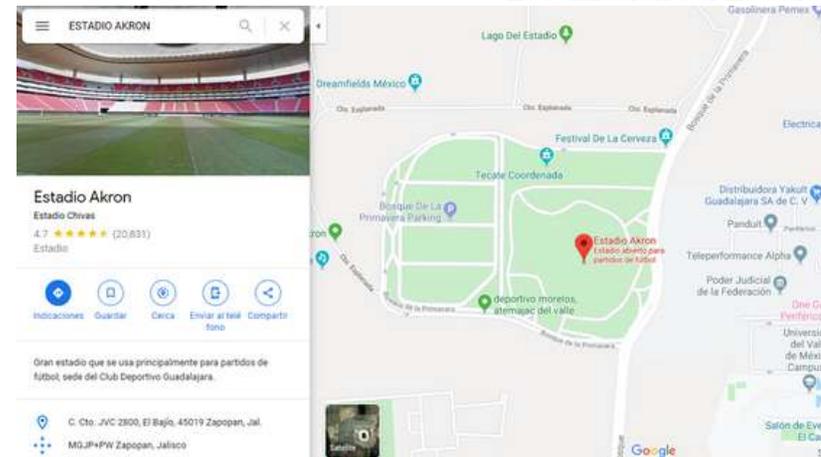


Imagen 45. (2020) Localización del Estadio Akron. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

Planta Baja- Estadio Akron.

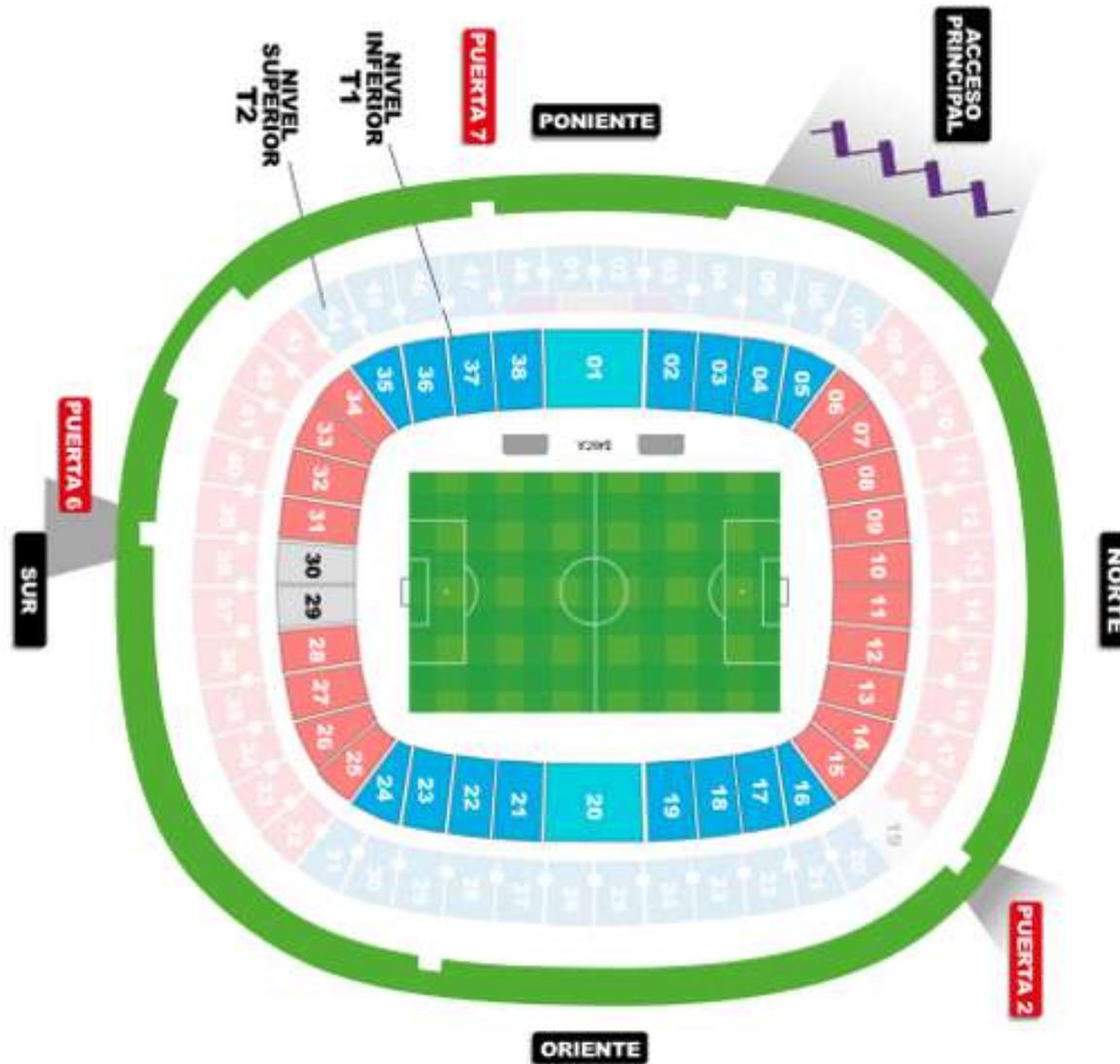


Imagen 46. (2020) Planta baja Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/3bQGhft>

Planta Palcos- Estadio Akron.



Imagen 47. (2020) Planta palcos Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/3bQGhft>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

Corte y Estructura- Estadio Akron.

Estructuración General



Imagen 48. (2011) Estructuración general. Recuperado de <https://bit.ly/3dRjjXs>

Sección del Estadio



Imagen 47. (2012) Sección del estadio. Recuperado de <https://bit.ly/2RfX8AG>

Estructura de Cubierta.



Imagen 49. (2012) Estructura de Cubierta. Recuperado de <https://bit.ly/2RfX8AG>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

1.5.2.- Nacionales:

1.5.1.2.- Estadio BBVA - México.

El Estadio BBVA Bancomer es un estadio de fútbol que se encuentra en el municipio de Guadalupe, Nuevo León, México, que forma parte de la zona metropolitana de Monterrey, y es sede del Club de Fútbol Monterrey de la Primera División de México. El estadio es una obra conjunta del equipo y de grupo FEMSA.

La estructura metálica rodea al estadio dejando espacios para que el aire penetre y refresque al público de manera natural, y sigue sobre el graderío con un volado de hasta 50 metros. Los últimos doce metros de este volado está cubierto por un material especial de policarbonato llamado Sistema Danpalon, que permite hacer una transición visual entre las partes iluminadas y las partes en sombra. Este material que ofrece gran resistencia y además, tiene el nivel de translucidez que se necesita para aplicarlo a esta función.

Superficie: 187.000.0 m²

Dimensiones: 265.0 x 223.0 metros.

Capacidad: 53,500 espectadores.

Dirección: Av. Pablo Livas 2011, colonia La Pastora, C.P. 67140, en Guadalupe, Nuevo León

Vista interior del Estadio.



Imagen 50. (2015) Estadio BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Localización del Estadio.

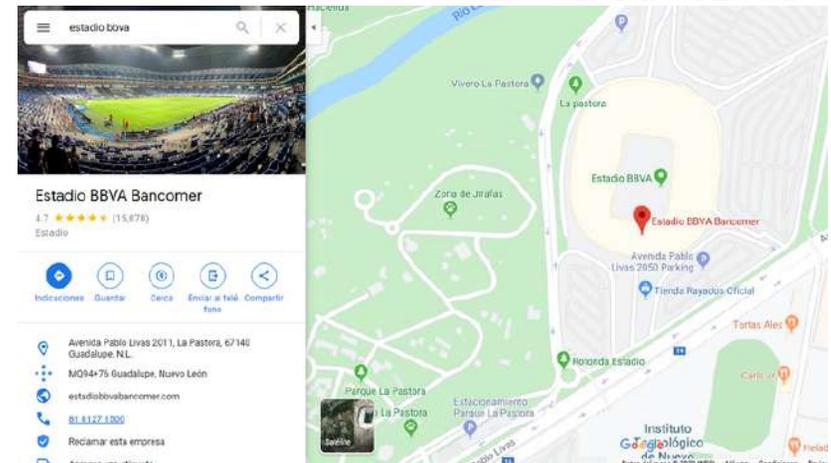


Imagen 51. (2020) Localización del Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

Planta de Conjunto- Estadio BBVA

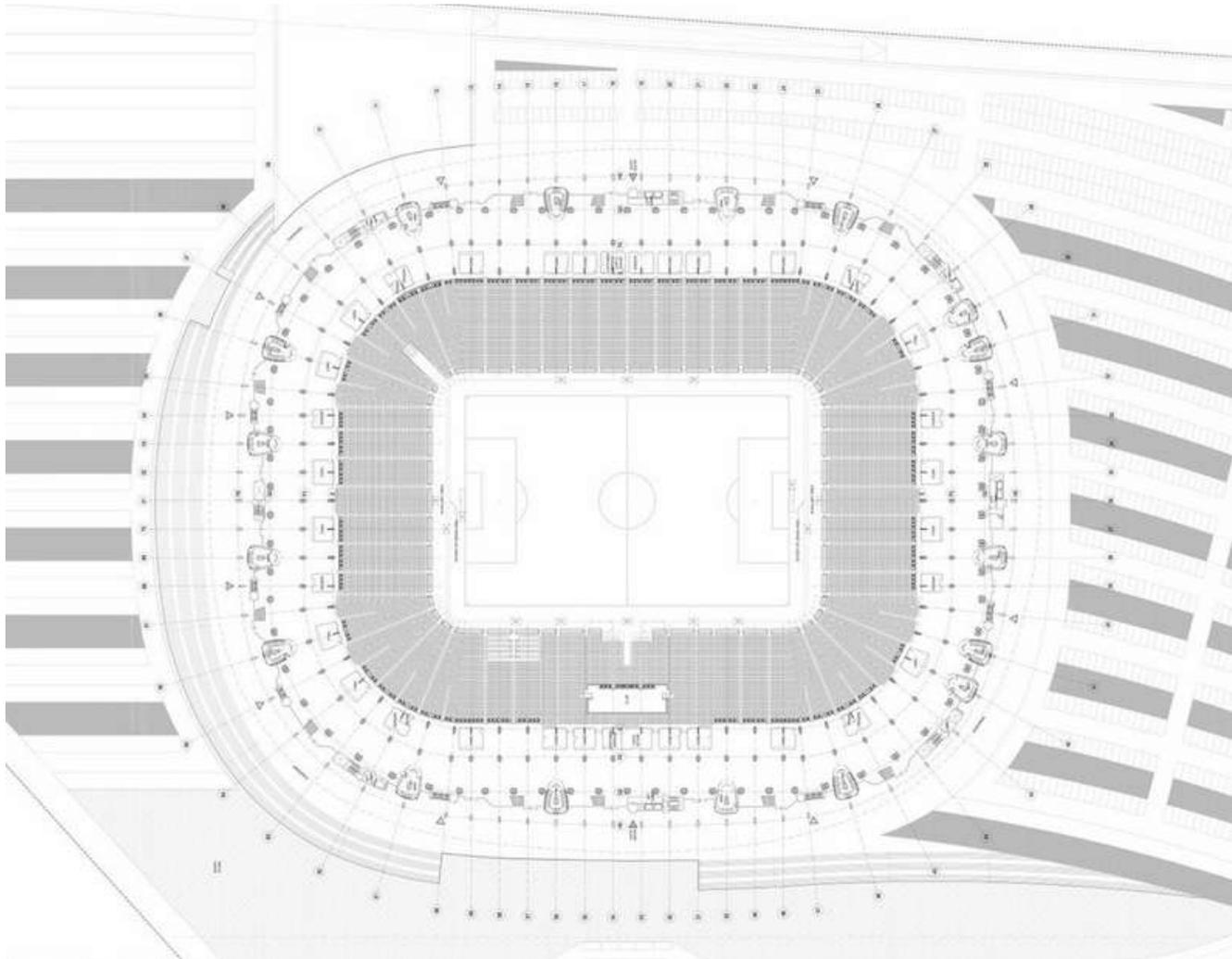


Imagen 52. (2015) Planta de conjunt0 BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Planta de Palcos- Estadio BBVA

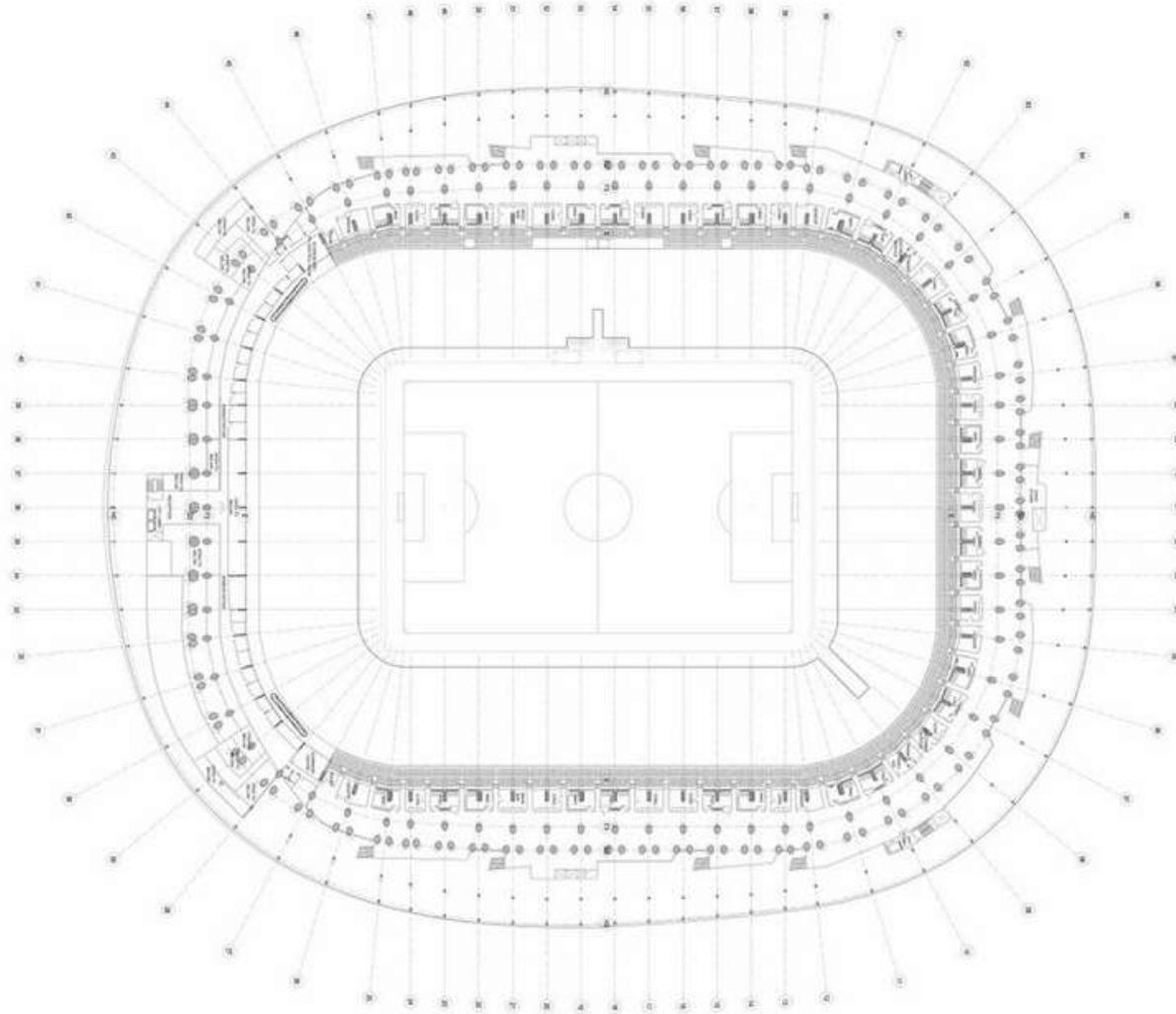


Imagen 53. (2015) Planta de palcos BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Planta de Techos- Estadio BBVA

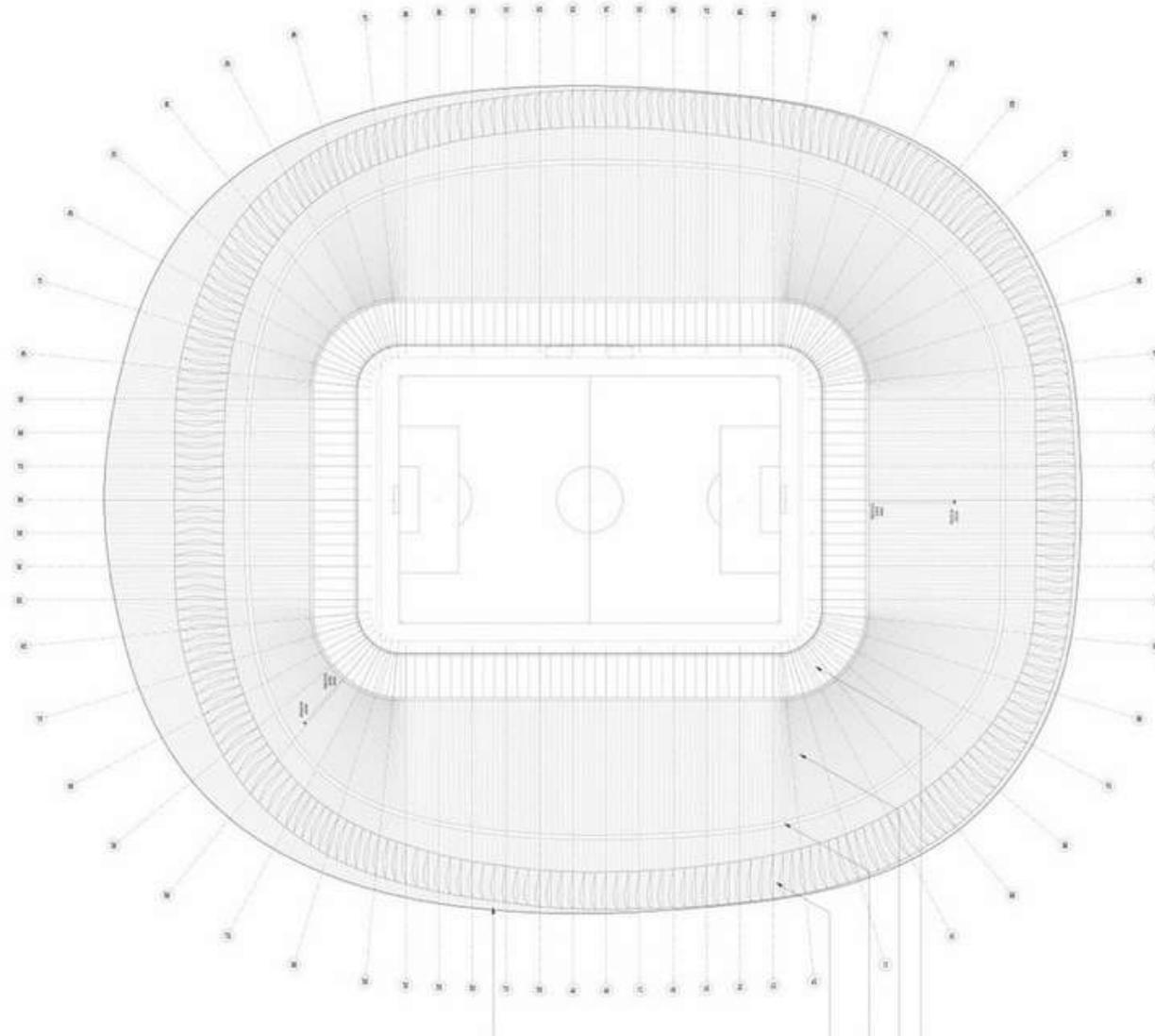


Imagen 54. (2015) Planta de techos BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Corte de Gradas- Estadio BBVA

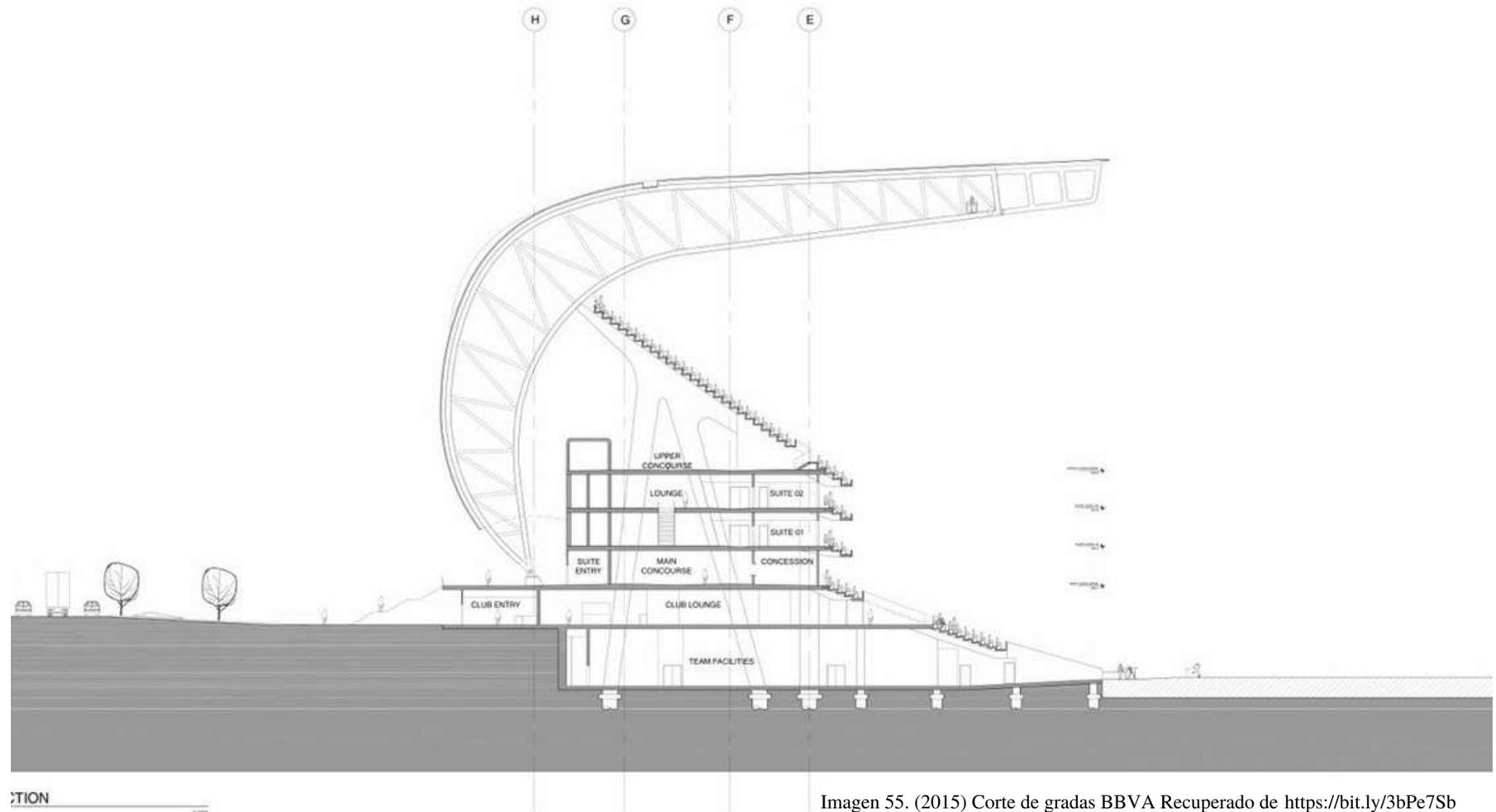


Imagen 55. (2015) Corte de gradas BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Corte Longitudinal y Transversal- Estadio BBVA

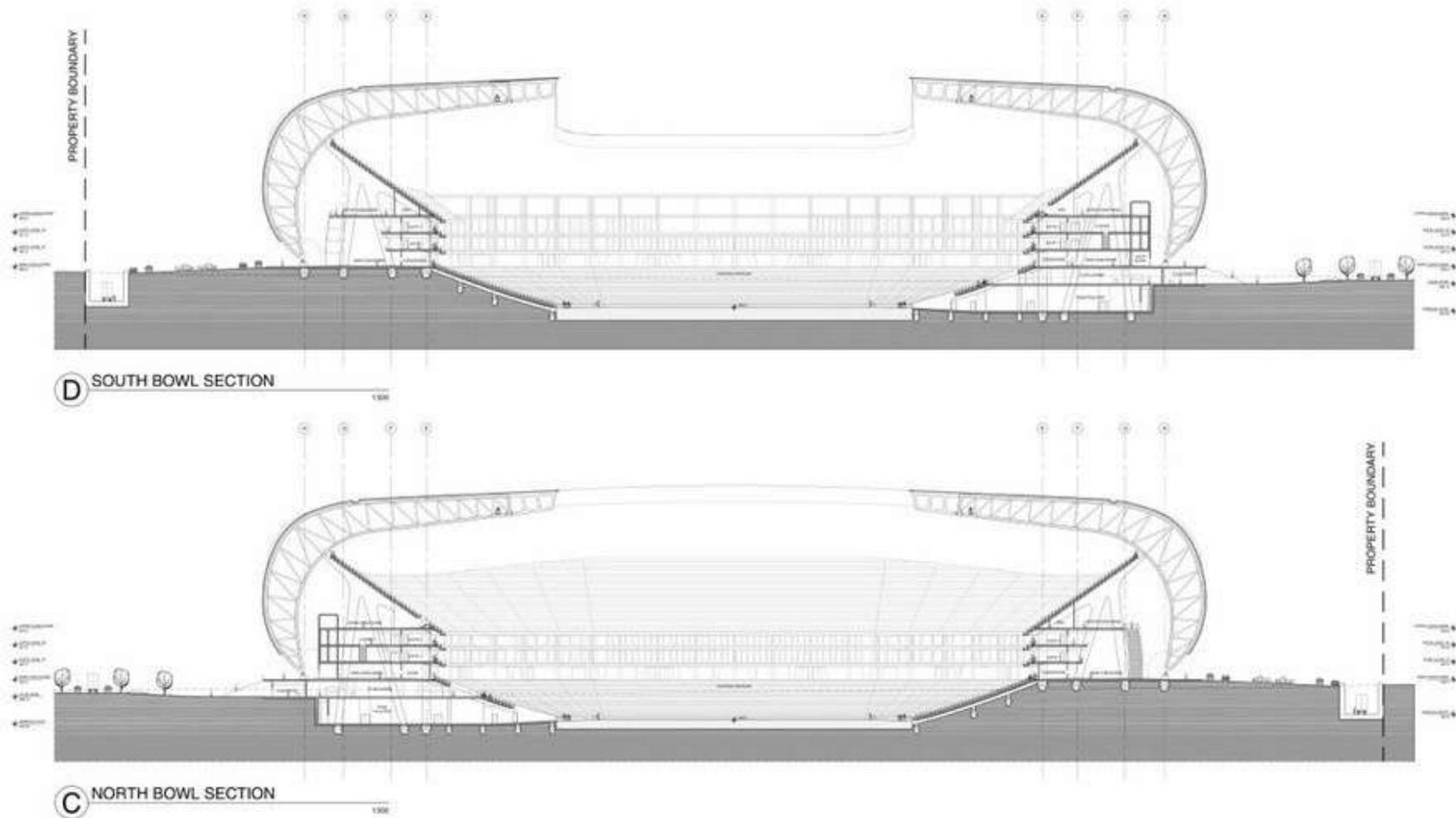


Imagen 56. (2015) Cortes generales BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

Detalle de cubierta- Estadio BBVA

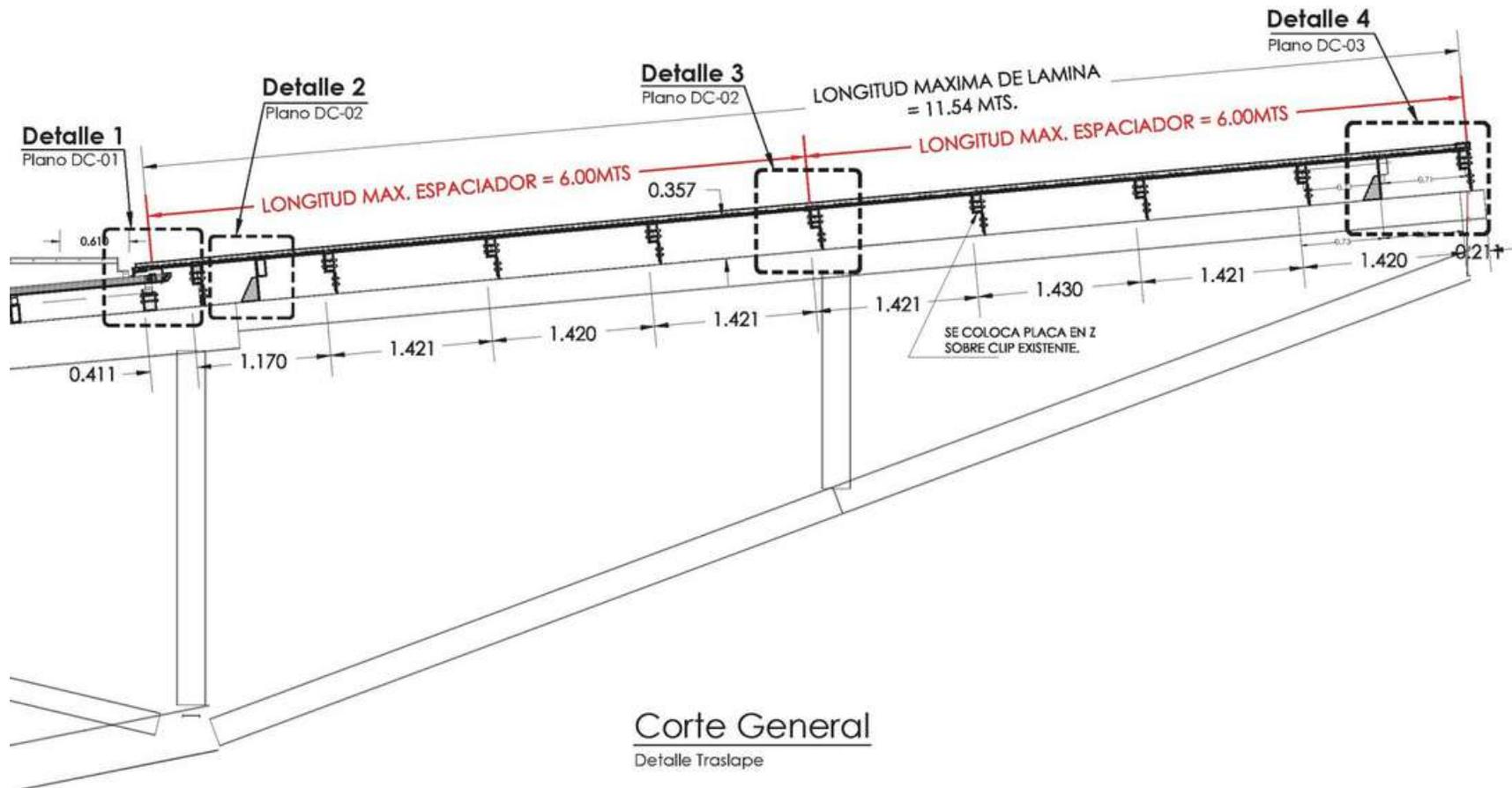


Imagen 57. (2015) Detalle de Cubierta BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

1.4.2.3.- Locales:

Actualmente en la localidad y en un radio de 10.0 kilómetros no hay ningún ejemplo análogo que se pueda analizar, por lo que la visita y el análisis en esta sección quedará vacía. El estadio azul (del equipo del Cruz Azul) se encuentra a 14.0 kilómetros, pero ya no está en funcionamiento así que queda descartado.

El estadio más cercano es el Estadio Olímpico Universitario de la Universidad Nacional Autónoma de México, encontrándose a 18.0 kilómetros del municipio, encontrándose en otro estado de la república.

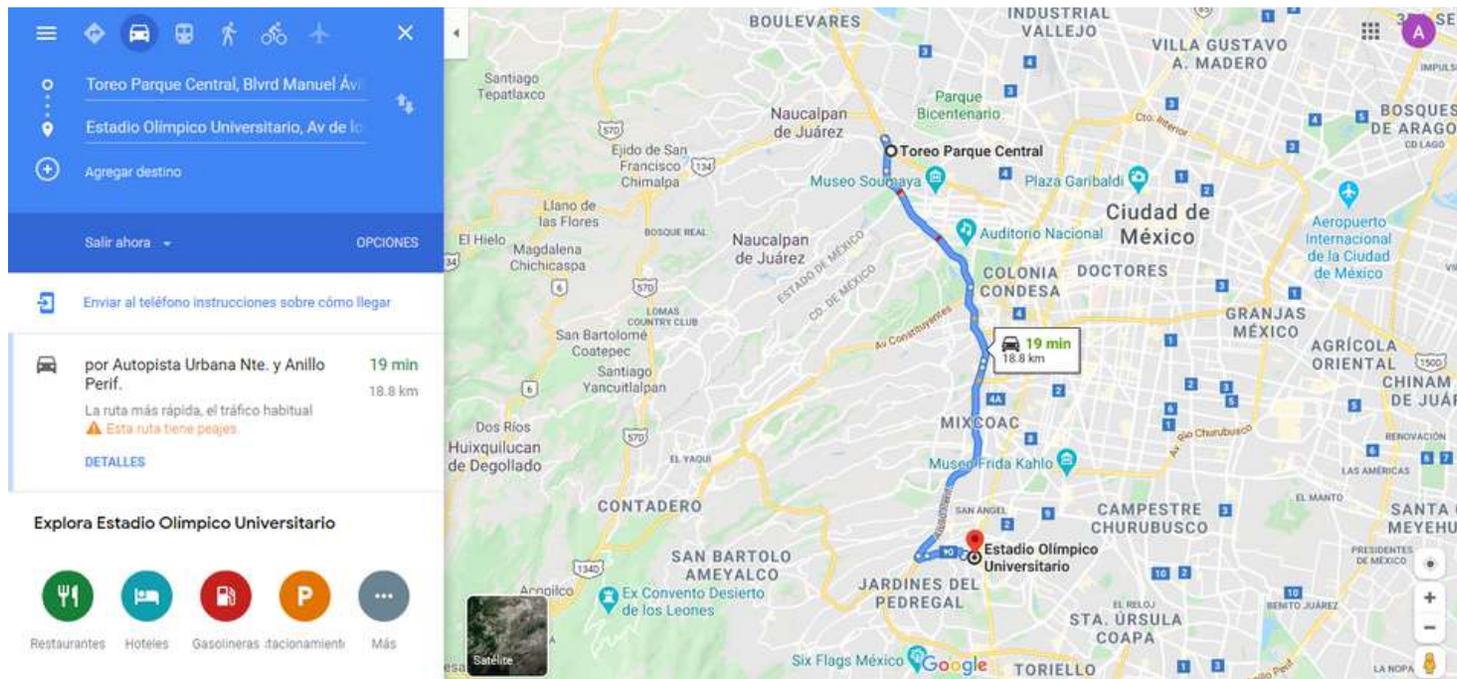


Imagen 58. (2020) Distancia más cercana entre un equipamiento similar. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>

La norma aplicable al proyecto es la Norma A-100, la tipología está especificada en las normas de equipamiento urbano de SEDESOL, no se usarán porque se considera que son poco eficientes y con muy poca información, por lo que se utilizará normatividad internacional como lo son: Las recomendaciones técnicas y requisitos de estadios por la FIFA (Federación Internacional de Fútbol Asociado) y la Guía UEFA de Estadios de Calidad.

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

1.4.2.4.- Área de influencia.

De acuerdo al sistema normativo de equipamiento urbano de SEDESOL Para un estadio con capacidad de 20,000 espectadores, el área de servicio o el área de influencia del equipamiento esta determinado por dos parámetros.

1.- Rango de población: 500,000 habitantes.

2.- Radio de servicio recomendable: 30.0 kilómetros.

Analizando el primer punto:

Actualmente la población de Naucalpan es de 833,779.0 acorde a la encuesta de INEGI, y no posee ningún edificio de estas características. Al ser una tipología de carácter regional se debe considerar también la población aledaña. Tomando en cuenta los municipios de Tlalnepantla y Atizapán.

Población de Naucalpan: 833,779.0

Población de Tlalnepantla: 653,410.0

Población de Atizapán: 489,937.0

Población total de la región: 1,977,126.0 habitantes

Rango de población: 500,000 habitantes.

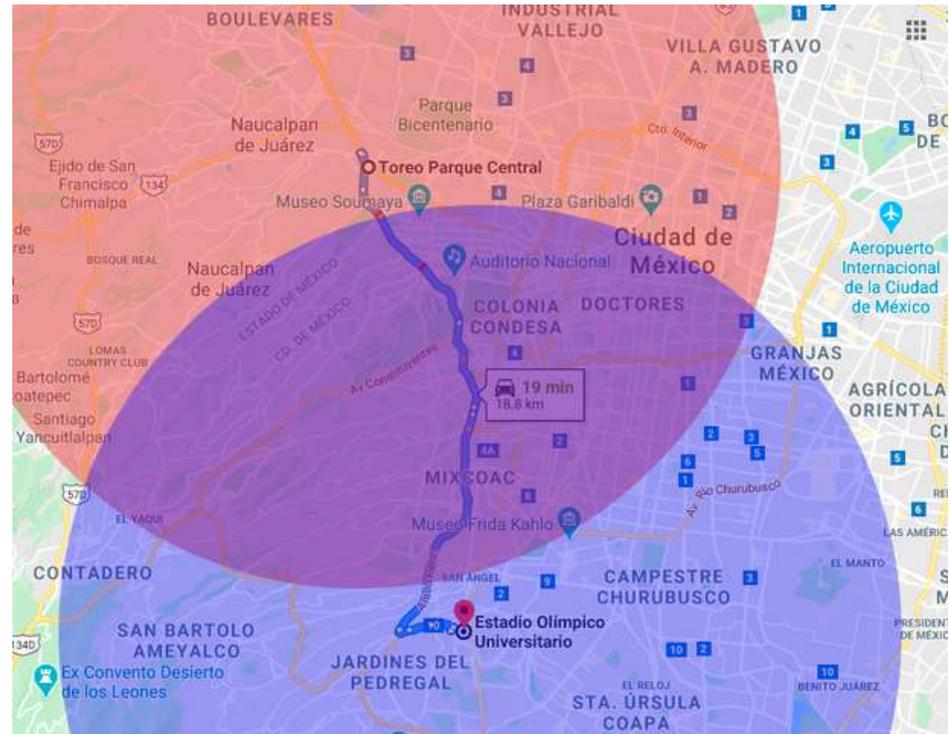


Imagen 59. (2020) Áreas de influencia. Elaboración propia.

Analizando el segundo punto:

El area de influencia de color rojo corresponde a mi propuesta, el area de influencia de color azul corresponde a la tipología similar más cercana. Considerando que ambas zonas rebasan limites estatales, es decir, no corresponden al mismo estado.

Déficit del inmueble: 4.0

Se propondrá un estadio con capacidad de 45,000 espectadores, satisfaciendo asi a 1,000,000 de habitantes.

Déficit del inmueble después de la propuesta: 2.0

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

1.4.2.5.- Tabla 2: Comparativa de modelos análogos.

		Estadio San Mames			Estadio Beira-Rio			Estadio Hazza Bin Zayed.			Estadio BBVA.			Estadio Akron.			Propuesta Tentativa		
		Europa (España)			America (Brasil)			Asia (Emiratos Arabes U.)			México (Nuevo León).			México (Guadalajara)			México (Edo. de México)		
Espectadores:		53000.00			50200.00			25000.00			53500.00			49850.00			40000.00		
Áreas.	Locales.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.	Disponibilidad	Altura	Área en metros cuadrados.
ZONA DE JUEGO	Terreno de Juego.	Si	Sin altura.	7140.00	Si	Sin altura.	7140.00	Si	Sin altura.	7140.00	Si	Sin altura.	7140.00	Si	Sin altura.	7140.00	Si	Sin altura.	7140.00
	Área Auxiliar	Si	Sin altura.	1730.00	Si	Sin altura.	1730.00	Si	Sin altura.	1730.00	Si	Sin altura.	1730.00	Si	Sin altura.	1730.00	Si	Sin altura.	1730.00
	Foso de Fotografías.	Si	Sin altura.	160.00	Si	Sin altura.	160.00	Si	Sin altura.	160.00	Si	Sin altura.	160.00	Si	Sin altura.	160.00	Si	Sin altura.	160.00
	Vallas Publicitarias.	Si	Sin altura.	240.00	Si	Sin altura.	240.00	Si	Sin altura.	240.00	Si	Sin altura.	240.00	Si	Sin altura.	240.00	Si	Sin altura.	240.00
	Banco de suplentes.	Si	2.50	34.00	Si	2.50	34.00	Si	2.50	34.00	Si	2.50	34.00	Si	2.50	34.00	Si	2.50	34.00
	Foso de Protección.	Si	Sin altura.	865.00	Si	Sin altura.	865.00	Si	Sin altura.	865.00	Si	Sin altura.	865.00	Si	Sin altura.	865.00	Si	Sin altura.	865.00
Subtotal:				10169.00			10169.00			10169.00			10169.00			10169.00			10169.00
ZONA DE ESPECTADORES	Graderío	Si	Sin altura.	26500.00	Si	Sin altura.	25100.00	Si	Sin altura.	12500.00	Si	Sin altura.	26750.00	Si	Sin altura.	24925.00	Si	Sin altura.	20000.00
	Sanitarios	Si	2.80	1297.96	Si	2.80	1229.39	Si	2.80	612.24	Si	2.80	1310.20	Si	2.80	1220.82	Si	2.80	979.59
	Control	Si	2.50	180.27	Si	2.50	170.75	Si	2.50	85.03	Si	2.50	181.97	Si	2.50	169.56	Si	2.50	136.05
	Local de Souvenirs.	Si	4.00	324.49	Si	4.50	307.35	Si	4.00	153.06	Si	4.00	327.55	Si	4.00	305.20	Si	4.00	244.90
	Locales de Snacks	Si	4.00	2415.65	Si	4.50	2288.03	Si	4.00	1139.46	Si	4.00	2438.44	Si	4.00	2272.07	Si	4.00	1823.13
	Palcos	Si	3.00	450.68	Si	3.00	426.87	Si	3.00	212.59	Si	3.00	454.93	Si	3.00	423.89	Si	3.00	340.14
	Sala de primeros auxilios	Si	2.50	90.14	Si	2.50	85.37	Si	2.50	42.52	Si	2.50	90.99	Si	2.50	84.78	Si	2.50	68.03
	Servicio de Meseros (vendedores).	Si	2.50	54.08	Si	2.50	51.22	Si	2.50	25.51	Si	2.50	54.59	Si	2.50	50.87	Si	2.50	40.82
	Bodega	Si	2.50	16.22	Si	2.50	15.37	Si	2.50	7.65	Si	2.50	16.38	Si	2.50	15.26	Si	2.50	12.24
	Restaurante	Si	3.50	1297.96	Si	3.50	1229.39	Si	3.50	612.24	Si	3.50	1310.20	Si	3.50	1220.82	Si	3.50	979.59
Acceso a Graderío.	Si	3.00	81.12	Si	3.00	76.84	Si	3.00	38.27	Si	3.00	81.89	Si	3.00	76.30	Si	3.00	61.22	
Subtotal:				32708.57			30980.57			15428.57			33017.14			30764.57			24685.71
ZONA PRIVADA	Vestidores	Si	3.00	540.00	Si	3.00	540.00	Si	3.00	540.00	Si	3.00	540.00	Si	3.00	540.00	Si	3.00	540.00
	Clinica	Si	3.00	50.00	Si	3.00	50.00	Si	3.00	50.00	Si	3.00	50.00	Si	3.00	50.00	Si	3.00	50.00
	Área de Arbitros.	Si	3.00	40.00	Si	3.00	40.00	Si	3.00	40.00	Si	3.00	40.00	Si	3.00	40.00	Si	3.00	40.00
	Área de entrenador.	Si	3.00	20.00	Si	3.00	20.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	20.00	Si	3.00	20.00	Si	3.00	20.00
	Área de recogebalones.	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00
	Vestidores de otros eventos.	Si	3.00	280.00	Si	3.00	280.00	Si	3.00	300.00	Si	3.00	250.00	Si	3.00	250.00	Si	3.00	250.00
Subtotal:				960.00			960.00			975.00			930.00			930.00			930.00
MEDIOS DE COMUNICACIÓN.	Sala de prensa.	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00
	Sala de periodistas.	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00	Si	3.50	80.00
	Sala de fotografías.	Si	3.50	45.00	Si	3.50	45.00	Si	3.50	45.00	Si	3.50	45.00	Si	3.50	45.00	Si	3.50	45.00
	Cabina de Transmisiones	Si	3.00	70.00	Si	3.00	70.00	Si	3.00	70.00	Si	3.00	70.00	Si	3.00	70.00	Si	3.00	70.00
Subtotal:				275.00			275.00			275.00			275.00			275.00			275.00
ZONA ADMINISTRATIVA	Sala de espera.	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00
	Secretaría.	Si	2.50	20.00	Si	2.50	20.00	Si	2.50	20.00	Si	2.50	20.00	Si	2.50	20.00	Si	2.50	20.00
	Oficina Administrador del Estadio	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00
	Oficina presidente de fútbol	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00	Si	3.00	15.00
	Bodega	Si	2.50	12.00	Si	2.50	12.00	Si	2.50	12.00	Si	2.50	12.00	Si	2.50	12.00	Si	2.50	12.00
	Sala de juntas.	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00	Si	3.00	30.00
	Sanitarios Hombres	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00
	Sanitarios Mujeres.	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00	Si	2.50	3.00
	Cocineta.	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00	Si	2.50	8.00
Subtotal:				114.00			114.00			114.00			114.00			114.00			114.00

Tabla 2.- Comparativa de Modelos Análogos. Fuente: Elaboración propia.

1.4.- Análisis de Ejemplos Análogos.

1- Fundamentación del tema.

ESTACIONAMIENTOS	Autobuses Urbanos.	Si	Sin altura.	150.00	Si	Sin altura.	401.60	Si	Sin altura.	200.00	Si	Sin altura.	428.00	Si	Sin altura.	398.80	Si	Sin altura.	320.00
	Autobuses.	No	Sin altura.	0.00	Si	Sin altura.	2259.00	Si	Sin altura.	1125.00	Si	Sin altura.	2407.50	Si	Sin altura.	2243.25	Si	Sin altura.	1800.00
	Taxis	Si	Sin altura.	100.00	Si	Sin altura.	1255.00	Si	Sin altura.	625.00	Si	Sin altura.	1337.50	Si	Sin altura.	1246.25	Si	Sin altura.	1000.00
	Áreas auxiliares	Si	Sin altura.	700.00	Si	Sin altura.	4078.75	Si	Sin altura.	2031.25	Si	Sin altura.	4346.88	Si	Sin altura.	4050.31	Si	Sin altura.	3250.00
	Medios de Comunicación	Si	Sin altura.	500.00	Si	Sin altura.	2510.00	Si	Sin altura.	1250.00	Si	Sin altura.	2675.00	Si	Sin altura.	2492.50	Si	Sin altura.	2000.00
	Autoridades	Si	2.50	400.00	Si	2.50	1004.00	Si	2.50	500.00	Si	2.50	1070.00	Si	2.50	997.00	Si	2.50	800.00
	Espectadores Palcos	Si	Sin altura.	1000.00	Si	Sin altura.	1932.70	Si	Sin altura.	962.50	Si	Sin altura.	2059.75	Si	Sin altura.	1919.23	Si	Sin altura.	1540.00
	Espectadores.	No	Sin altura.	0.00	Si	Sin altura.	62750.00	Si	Sin altura.	31250.00	Si	Sin altura.	66875.00	Si	Sin altura.	62312.50	Si	Sin altura.	50000.00
Jugadores.	Si	4.50	400.00	Si	4.50	502.00	Si	4.50	250.00	Si	4.50	535.00	Si	4.50	498.50	Si	4.50	400.00	
Subtotal:			3250.00			76693.05			38193.75			81734.63			76158.34			61110.00	
ZONA DE SERVICIO.	Bodega.	Si	2.50	16.22	Si	2.50	15.37	Si	2.50	7.65	Si	2.50	16.38	Si	2.50	15.26	Si	2.50	12.24
	Bodega de Limpieza.	Si	2.50	16.22	Si	2.50	15.37	Si	2.50	7.65	Si	2.50	16.38	Si	2.50	15.26	Si	2.50	12.24
	Vestidores Hombres.	Si	2.50	45.07	Si	2.50	42.69	Si	2.50	21.26	Si	2.50	45.49	Si	2.50	42.39	Si	2.50	34.01
	Vestidores Mujeres.	Si	2.50	45.07	Si	2.50	42.69	Si	2.50	21.26	Si	2.50	45.49	Si	2.50	42.39	Si	2.50	34.01
	Cocineta.	Si	2.50	14.42	Si	2.50	13.66	Si	2.50	6.80	Si	2.50	14.56	Si	2.50	13.56	Si	2.50	10.88
Subtotal:			137.01			129.77			64.63			138.30			128.86			103.40	
ZONA PÚBLICA.	Plazas	Si	Sin altura.	811.22	Si	Sin altura.	768.37	Si	Sin altura.	382.65	Si	Sin altura.	818.88	Si	Sin altura.	763.01	Si	Sin altura.	612.24
	Taquillas	Si	2.50	90.14	Si	2.50	85.37	Si	2.50	42.52	Si	2.50	90.99	Si	2.50	84.78	Si	2.50	68.03
	Rampas.	Si	Sin altura.	757.14	Si	Sin altura.	717.14	Si	Sin altura.	357.14	Si	Sin altura.	764.29	Si	Sin altura.	712.14	Si	Sin altura.	571.43
	Vomitorios	Si	3.00	1622.45	Si	3.00	1536.73	Si	3.00	765.31	Si	3.00	1637.76	Si	3.00	1536.02	Si	3.00	1224.49
	Elevadores	Si	2.40	324.49	Si	2.40	307.35	Si	2.40	153.66	Si	2.40	327.55	Si	2.40	305.20	Si	2.40	244.90
	Escaleras	Si	2.50	432.65	Si	2.50	409.80	Si	2.50	204.88	Si	2.50	436.73	Si	2.50	406.94	Si	2.50	326.53
	Áreas Verdes	Si	Sin altura.	1622.45	Si	Sin altura.	1536.73	Si	Sin altura.	765.31	Si	Sin altura.	1637.76	Si	Sin altura.	1526.02	Si	Sin altura.	1224.49
Subtotal:			5660.54			5361.50			2670.07			5713.95			5324.12			4272.11	
TOTAL=			53274.12			124682.89			67890.02			132092.01			123863.89			101659.22	

Tabla 2.- Comparativa de Modelos Análogos. Fuente: Elaboración propia.

1.4.3.- Conclusiones.

En general, los espacios complementarios de los estadios se encuentran distribuidos bajo el graderío, de esta manera el proyecto se encuentra dentro de la envolvente de la cubierta. Al concentrar todos los espacios en un solo sitio es más fácil tener un control y seguridad de todos, permitiendo que el exterior sea aprovechado al máximo para áreas verdes. Un problema que se ve son los estacionamientos, al requerir un alto número de cajones su desarrollo horizontal llega a utilizar más del 30% del área del terreno. Se ha visto en casos como el estacionamiento del Estadio la Bombonera, en Toluca, donde su desarrollo es de manera vertical, permitiendo tener un área de desplante mucho menor a la manera tradicional. Para este proyecto el estacionamiento será desarrollado en máximo 3 niveles sobre el nivel de terreno para reducir su área de desplante, dedicando más área a plazas y jardines.

1.5.1.- ¿Qué es y como se utilizan?

La prefabricación es fabricar algo antes de su colocación final en la construcción, puede obedecer a las siguientes razones: Economía, belleza, rapidez y confort. Para lograr el último punto al elemento se le agregan materiales térmicos y acústicos, tema que se explorará en los capítulos siguientes. Cabe mencionar que existen dos tipos de elementos prefabricados, los arquitectónicos y estructurales.

Los elementos prefabricados estructurales pueden ser pretensados o postensados, soportando su propio peso además de las cargas permanentes, temporales y accidentales. Normalmente estos elementos no se diseñan porque requiere de una gran cantidad de elementos para volverse económico, en este caso el graderío y la estructura de soporte es conveniente prefabricarla por la gran cantidad de piezas que se requieren para un estadio.

Los elementos prefabricados arquitectónicos son utilizados como recubrimientos de fachadas que pueden volverse térmicas y/o acústicas. Están diseñados para soportar su propio peso y los esfuerzos generados por las maniobras, pero no es capaz de cargar a otros elementos. Se diseñan con dos tipos de unión con la estructura principal del edificio. La primera sirve para transmitir su peso a la estructura, la segunda para evitar que el elemento transmita rigidez a la estructura provocando un comportamiento no deseado.

Ventajas de los sistemas prefabricados.

- Libertad de diseño en cuanto a formas, colores, relieves, texturas etc. Considerando únicamente el tamaño del transporte.
- Control de calidad en materiales durante el proceso constructivo y precisión geométrica para el anclaje de los elementos.
- El montaje de los elementos prefabricados de fachada puede iniciarse cuando la construcción de obra civil todavía esta en proceso.
- Ahorro económico en el financiamiento de la obra por reducción de tiempos de construcción.
- Reducción de cimbra y andamios en obra.
- Mayor estética y uniformidad en los acabados.

Desventajas de los sistemas prefabricados.

- Programación detallada (Avance de estructura y montaje de los elementos).
- Se requieren circulaciones para hacer las maniobras de izaje y colocación de los elementos.

Para trabajar con elementos prefabricados es importante considerar los siguientes puntos:

- Modulación de los paneles (Entre menos moldes se tengan se abarata el proceso de prefabricación, por lo regular es recomendable que de un molde se fabriquen 50 piezas para amortizar el precio del molde en los elementos).
- Los costos de la obra se reducen por que el tiempo de obra se reducen.
- Los elementos deben tener medidas que permitan su transportación por tráiler o camión.
- Los elementos con aberturas son menos rígidos, pero tienden a ser más delicados para maniobras.
- Es importante concebir los elementos prefabricados durante el proceso de diseño, no cuando la estructura ya esté construida.

1.5.2.- Ejemplos de aplicación de los elementos prefabricados.

En este caso se analizará los elementos estructurales prefabricados del Estadio BBVA, donde las columnas fueron coladas en sitio, colocando con uniones húmedas (unión de concreto colando ambos elementos) los *rakers* (elementos de apoyo para el graderío) y el graderío prefabricado.



Imagen 60. (2017) Estructura colada en sitio. Cortesía de ITISA GRUPO.



Imagen 61. (2017) Unión de prefabricados con la estructura colada en sitio. Cortesía de ITISA GRUPO.

1.5.- Elementos Prefabricados

1- Fundamentación del tema.



Imagen 62. (2017) Rakers. Cortesía de ITISA GRUPO.



Imagen 63. (2017) Graderío. Cortesía de ITISA GRUPO.



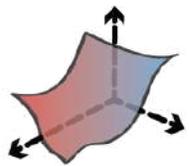
Imagen 64. (2017) Instalación de elementos prefabricados Cortesía de ITISA GRUPO.

Como se puede apreciar en las fotografías, el uso de cimbra de contacto así como la cimbra de soporte en esta etapa importante de la construcción es nula, utilizando únicamente un sistema de grúas para coordinar y colocar los elementos prefabricados. Del mismo modo, la cantidad de hombres que participan es mínima, reduciendo los costos.

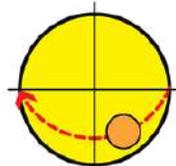
El sistema prefabricado presentado ha demostrado ser eficiente, seguro y confiable, además de ofrecer soluciones para la estructura básica, graderío, rakers, traveses y cualquier elemento estructural o de fachada que se requiera en la construcción.

1.5.1.- ¿Qué es *Ladybug* y para qué se utiliza?

Ladybug importa archivos estándar *EnergyPlus Weather* (.EPW) en *Grasshopper* y *Dynamo*. Proporciona una variedad de gráficos climáticos interactivos 2D y 3D que respaldan el proceso de toma de decisiones durante las primeras etapas del diseño. *Ladybug* también admite la evaluación de las opciones de diseño inicial a través de estudios de radiación solar, análisis de vista, modelado de horas de luz solar y más. La integración con entornos de programación visual permite comentarios instantáneos sobre modificaciones de diseño y un alto grado de personalización.



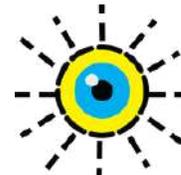
Gráficos de datos climáticos.



Montea solar.



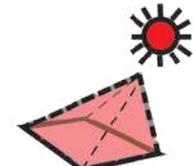
Estudios de sombras.



Vista desde el sol



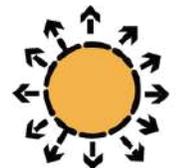
Estudios de acceso solar



Envolvente solar



Ventilador solar.



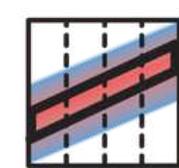
Estudios de radiación.



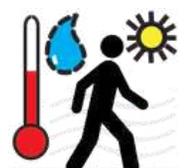
Estudios de vista.



Tablas psicrométricas



Tablas de confort adaptativo



Estudios de confort al aire libre



Estudios locales de confort térmico.



Análisis de beneficios de sombra



Diseño de sombra generativa



Trazado de rayos



Máscaras de sombra



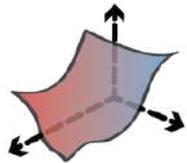
Energías renovables

Imágenes e información recuperada de: <https://www.ladybug.tools/ladybug.html#loval> (2020).

1.6.- Optimización Energética.

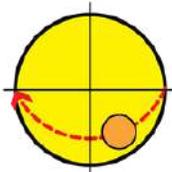
1- Fundamentación del tema.

Como se ha visto, el potencial de la herramienta es enorme. Para el caso de estudio solo se seleccionarán algunos de los análisis que el programa tiene y aplicarlo al diseño de la cubierta. Para ello se mencionarán la herramienta y lo que se logrará con ella.



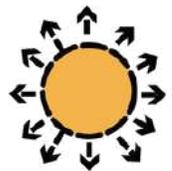
Gráficos de datos climáticos.

Con esta herramienta se medirán todos los datos climatológicos en el transcurso de un año, determinando el periodo de análisis de la cubierta



Montea solar.

Se entenderá el recorrido del sol y su relación con la cubierta. De este componente se obtendrán los vectores del sol para el estudio de radiación.



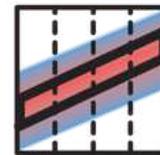
Estudios de radiación.

Ya con los vectores del sol se harán simulaciones de radiación directa sobre la cubierta, donde a través de la optimización se logrará encontrar la forma más eficiente.



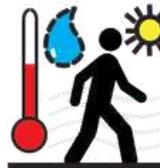
Tablas psicrométricas

Esta herramienta nos permitirá medir la temperatura y como se va modificando con las distintas propuestas de cubierta, midiendo el clima llegando a un estado de equilibrio.



Tablas de confort adaptativo.

Esta herramienta nos permitirá medir el confort de los usuarios con las distintas propuestas de diseño y determinar si se esta cumpliendo con el objetivo.



Estudios de confort al aire libre

Se medirá el confort al aire libre y se determinarán las estrategias pasivas y de diseño para optimizarlo.



Análisis de beneficios de sombra

Se medirá los beneficios de la sombra generada por la cubierta, determinando las zonas más críticas de asoleamiento sobre la misma.



Energías renovables

Determinando las zonas con mayor radiación y horas de asoleamiento se instalarán paneles solares en esa zona asegurando y calculando los kWh/día generados.

1.5.2.- Ejemplos de aplicación

Fab Lab Solar House

Proyecto prototipo para el concurso "*Solar Decathlon Europe*", en este proyecto se logró diseñar y construir una casa autosuficiente , que genera más energía que la que consume, Madrid, España 2010. El prototipo se entiende como resultado del consenso negociado de la suma. Más que un diseño cerrado, más que una descripción de un objeto, el prototipo definido aquí se presenta como una combinación de una serie de estrategias intencionales y la realización de una serie de afirmaciones que pretendemos defender.



Imagen 65. (2010) Fab Lab Solar House - IAAC. Recuperado de: <https://bit.ly/3e2T0Nv>

1.5.2.- Ejemplos de aplicación

Culture Shed, diseñado por Diller Scofidio + Renfro

El almacén móvil de 37 metros de altura del cobertizo está hecho de un marco de diafragma de acero expuesto, revestido en almohadillas translúcidas de un polímero fuerte y liviano a base de teflón, llamado etileno tetrafluoroetileno (ETFE). Este material tiene las propiedades térmicas del vidrio aislante en una fracción del peso. Los paneles ETFE de Shed son algunos de los más grandes jamás producidos, miden casi 21 metros de longitud en algunas áreas.

El cobertizo tiene un diseño de bajo consumo de energía que utiliza un sistema de calefacción radiante dentro de la construcción de la plaza y un sistema de enfriamiento y calentamiento de aire forzado variable que sirve a las partes ocupadas de la carcasa para lograr la máxima eficiencia. El edificio está diseñado para obtener la certificación LEED Silver y superar los códigos de energía de Nueva York en un 25%, lo que se requiere para todos los edificios nuevos en terrenos propiedad de la ciudad o con fondos provistos por la ciudad. La plaza tiene una placa de piso de calor radiante.

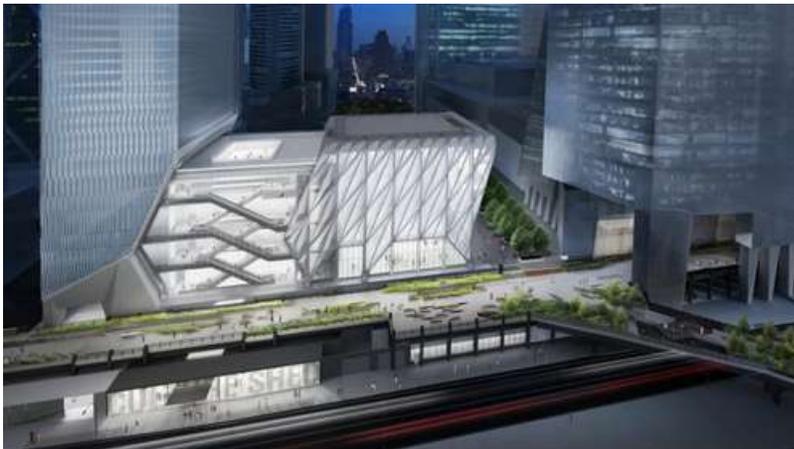


Imagen 66. (2018) Culture Shed. Recuperado de: <https://bit.ly/2Y31gre>

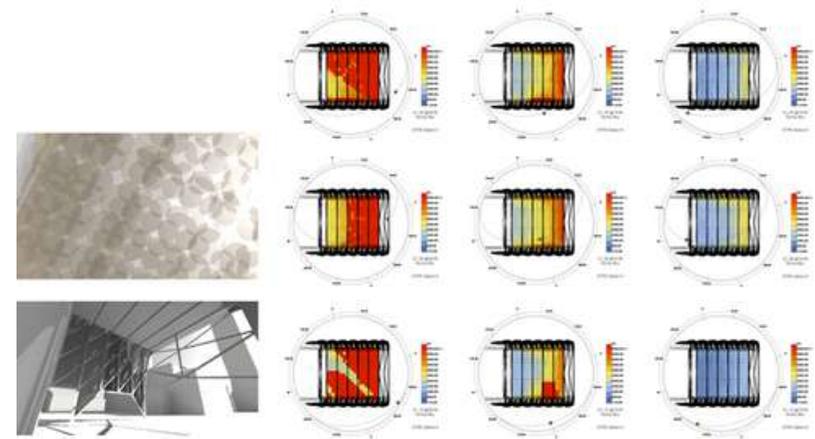


Imagen 67. (2018) Análisis de radiación. Recuperado de: <https://bit.ly/2Y31gre>

1.7.1.- ¿Qué es y como se utilizan?

1.7.1.1.- ¿Qué es *Karamba3D* y para qué se utiliza?

Es un programa de elementos finitos como muchos otros. Sin embargo, tiene ventajas sobre estos en varios aspectos importantes: es fácil de usar para los no expertos, se ha adaptado a las necesidades de los arquitectos e ingenieros en la fase inicial de diseño, funciona de forma interactiva y cuesta un poco menos que el resto.

Karamba3D está completamente integrado en el entorno paramétrico de *Grasshopper*, que es un complemento para la herramienta de modelado 3D *Rhinoceros*. Esto facilita la combinación de modelos geométricos parametrizados, cálculos de elementos finitos y algoritmos de optimización como *Octopus*, Galápagos o Wallacei.

1.7.1.2.- ¿Qué es Wallacei y para qué se utiliza?

Wallacei es un motor evolutivo que permite a los usuarios ejecutar simulaciones evolutivas en Grasshopper 3D mediante la utilización de herramientas analíticas muy detalladas junto con varios métodos de selección integrales para ayudar a los usuarios a comprender mejor sus ejecuciones evolutivas. La resolución evolutiva de problemas imita la teoría de la evolución empleando los mismos métodos de prueba y error que la naturaleza usa para llegar a un resultado optimizado. Cuando se automatiza para obtener parámetros y resultados específicos, esta técnica se convierte en una forma efectiva de generar resultados controlados computacionalmente dentro del proceso de diseño iterativo, lo que permite a los diseñadores producir parámetros optimizados que resultan en una forma, gráfico o dato que mejor cumple con los criterios de diseño. Este complemento es estándar en Grasshopper y es muy útil para optimizar preguntas de diseño complejas con muchas variables. Un par de ejemplos serían; optimizando la masa de un edificio para maximizar sus vistas, optimizando un sistema de fachada de acuerdo con la radiación solar o utilícelo para optimizar los tamaños de miembros en un marco de espacio estructural para reducir el peso y el costo.

1.7.- Optimización Estructural.

1- Fundamentación del tema.

1.7.2.- Ejemplos de aplicación - *Hyundai Motorstudio Goyang*

Fue diseñado por *Delugan Meissl Associated Architects* y desarrollado en colaboración con los ingenieros estructurales *Bollinger + Grohmann*. El proyecto abarcó un nuevo edificio emblemático para la compañía automotriz Hyundai que consta de salas de exposiciones, auditorios, administración y ventas. El diseño responde a elementos característicos definidos por los arquitectos: Paisaje, Vertical Green y Shaped Sky.

Las armaduras principales se extienden entre el voladizo y salen del núcleo y forman el sistema de carga principal en el techo. Estas armaduras utilizan toda la altura del techo (hasta 9 m) para unir los grandes tramos de voladizos de hasta 40 m y 26 m. Las armaduras secundarias tienen un alcance máximo de 3 m para permitir el revestimiento de las láminas de metal y se utilizó un diseño regular para la fabricación económica. Las secciones transversales de las armaduras se optimizaron en Karamba3D utilizando el algoritmo de optimización de la sección transversal.

Construcción de la cubierta metálica.



Imagen 68. (2019) Construcción de la cubierta metálica. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>

Modelo estructural optimizado.

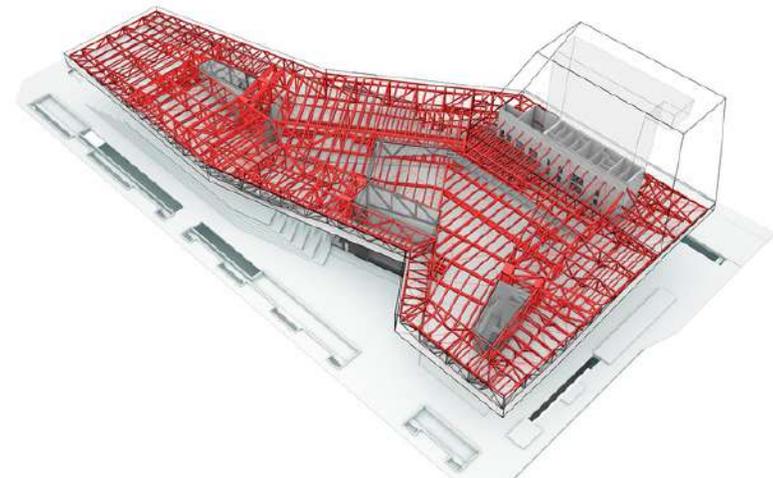


Imagen 69. (2019) Modelo estructural optimizado.. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>

1.7.- Optimización Estructural.

1- Fundamentación del tema.

1.7.2.- Ejemplos de aplicación - *Hyundai Motorstudio Goyang*

Los grupos de columnas son conjuntos de 5-7 pilares de diámetro pequeño y muy delgados. Estos grupos reflejan árboles en los jardines verdes verticales adyacentes a los núcleos. Las columnas en sí están fijadas para no tener momentos de flexión o fuerzas horizontales y se distribuyen de manera irregular en todo el edificio. Se configuró un proceso de optimización de objetivos múltiples con Karamba3D para evaluar las posiciones de los grupos de columnas de acuerdo con tres criterios: el desplazamiento máximo de la estructura del techo, el número de grupos y la masa total de la estructura. Los arquitectos definieron las regiones donde las columnas podrían colocarse potencialmente y el algoritmo se propuso evaluar muchas configuraciones diferentes de acuerdo con esos tres criterios. Luego, los arquitectos eligieron del conjunto final de soluciones optimizadas que se implementaron en el diseño final.

Análisis de esfuerzos de tensión y compresión.

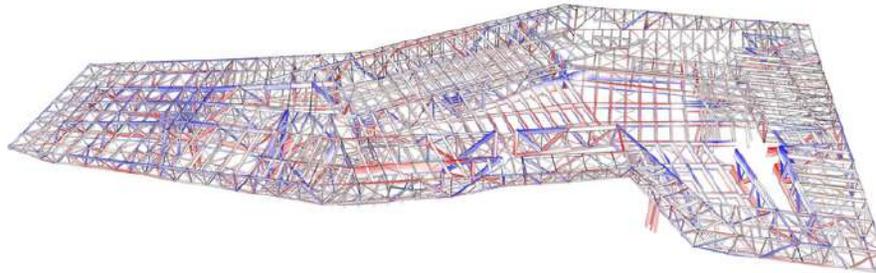


Imagen 70. (2019) Análisis de esfuerzos de tensión y compresión. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>

Análisis de desplazamientos.

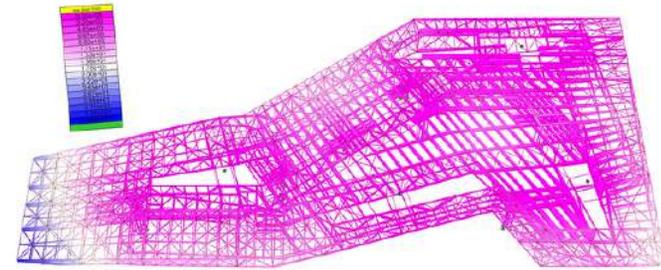
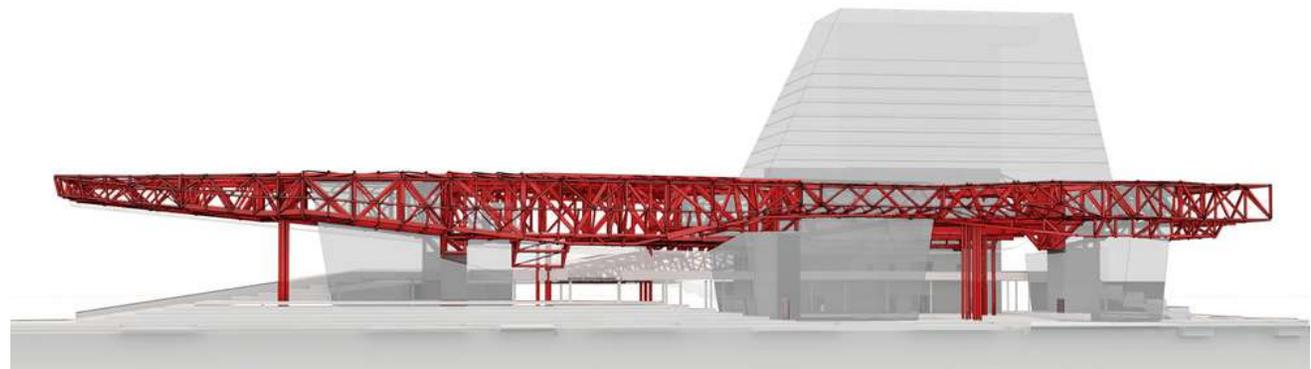


Imagen 71. (2019) Análisis de desplazamientos.. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>

Estructura de techo con columnas de racimo.

Imagen 72. (2019) Estructura de techo con columnas de racimo. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>



2.- ANÁLISIS DEL SITIO



2.1.- Aspectos Generales

2.1.1.- Análisis de la arquitectura del sitio.

HISTORICA.

La arquitectura característica del sitio tiene una gran influencia a lo largo de su historia. El primer gran icono data de 1540 d.C, cuando fue encontrada la estatuilla de “La Generala” y se construyó la primer Basílica del país, la Basílica de los Remedios.

Otros grandes ejemplos de arquitectura Virreinal datan del siglo XVII y XVIII. El acueducto de los remedios, conformado por una obra de ingeniería para dotar de agua potable al pueblo de Los Remedios. La estructura está compuesta por dos sifones, uno de cada lado, llamados coloquialmente como "torres" o "caracoles" y una arquería construida tiempo después conformada por 50 arcos de medio punto con una longitud de 500 metros que une a los dos sifones.

El conjunto residencial Satélite fue un parte aguas en la historia del sitio, así como en la historia de la arquitectura y el urbanismo. En este caso, el fraccionamiento cuenta con 5 torres de alturas variables que enmarcan el acceso. Estas torres dotadas de color son consideradas la primera escultura urbana minimalista.



Imagen 73. (2018) Acueducto de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/2xKye5x>



Imagen 74. (2017) Arquitectura patrimonial 100% naucalpense. Recuperado de <https://bit.ly/2Kjxuqy>



Imagen 75. (2020) Basílica de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/2wTB1ZG>

2- Análisis del sitio.

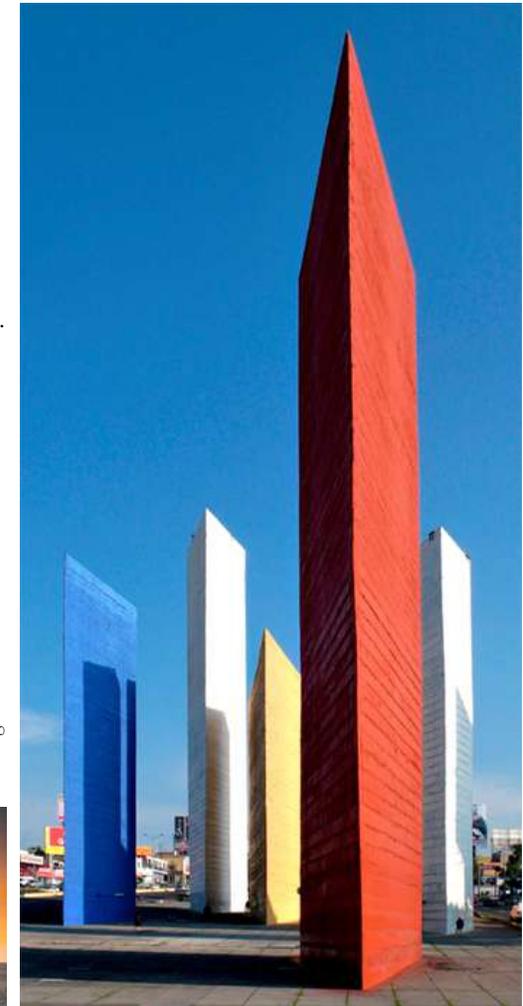


Imagen 76. (2015) Las Torres de Satélite.. Recuperado de <https://bit.ly/2XTWuwG>

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.1.- Análisis de la arquitectura del sitio.

ACTUAL

Naucalpan es un municipio que genera muchos ingresos, aporta el 9.49% del PIB al Estado de México y el 0.9% al país, permitiéndole ser una zona de alto nivel de construcción y desarrollo.

En el municipio encontramos grandes plazas comerciales, torres de departamentos, equipamiento urbano de calidad, contando con grandes zonas industriales y grandes zonas habitacionales.

La gran mayoría de los fraccionamientos residenciales son atendidos por profesionistas, considerando también que hay zonas en el municipio donde se practica la autoconstrucción.

Así mismo, el crecimiento que ha tenido el municipio desde la construcción de Ciudad Satélite, ha dejado pocos espacios para equipamientos específicos, relacionados con los espectáculos deportivos.



Imagen 77. (2017) Nido de Quetzalcóatl. Recuperado de <https://bit.ly/3cB0JBy>



Imagen 78. (2016) CETRAM Cuatro Caminos. Recuperado de <https://bit.ly/2wTB1ZG>



Imagen 79. (2020) Toreo Parque Central. Recuperado de <https://bit.ly/2wRxX06>

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.1.- Análisis de la arquitectura del sitio.

CRÍTICA

El desarrollo de la zona metropolitana del Valle de México a lo largo del tiempo ha llevado que los equipamientos especializados se encuentren únicamente en la Ciudad de México, dejando a la periferia sin los mismos, obligando a las personas a desplazarse grandes distancias e invertir recursos y tiempo para poder acceder a ellos.

Un ejemplo claro es la tipología de edificio presentado en este trabajo, en la zona norponiente del Valle de México presenta un déficit de 4.0 inmuebles de acuerdo a las Normas de Equipamiento Urbano de Sedesol.

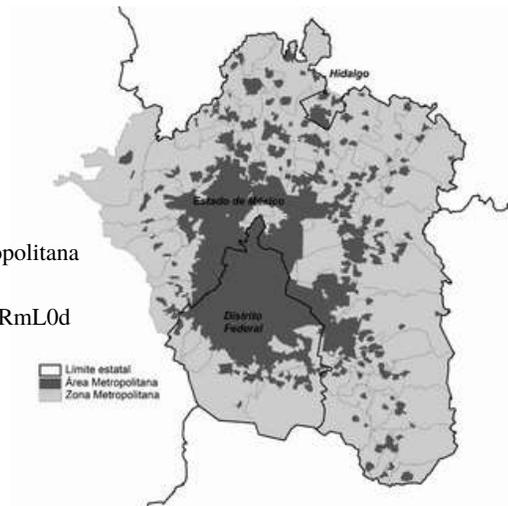


Imagen 80. (2020) Zona Metropolitana del Valle de México.

Recuperado de <https://bit.ly/34RmL0d>

PROPUESTA

Dotar al norponiente de la Zona Metropolitana del Valle de México equipamientos para su recreación, divertimento y esparcimiento.

Asi mismo, las nuevas edificaciones deberán construirse con propuestas de bajo impacto ambiental, ya que la zona metropolitana presenta los índices de contaminación más altos en el mundo, transmitiendo un compromiso por el medio ambiente, la salud y el confort de los usuarios.



Imagen 81. (2009) Incheon Juegos Asiáticos. Recuperado de <https://bit.ly/3eFQyNZ>

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.2.- Análisis de los aspectos culturales del sitio.

Naucalpan proviene del Náhuatl y de acuerdo a sus raíces etimológicas significa "en las cuatro casas" o "lugar de las cuatro casas".

El escudo está conformado por los glifos de la escritura ideográfica prehispánica, en la parte inferior un "tépetl" para denotar el lugar o sitio, sobre este el "calli" que significa casa y encima el número "nahui" representando al número cuatro.

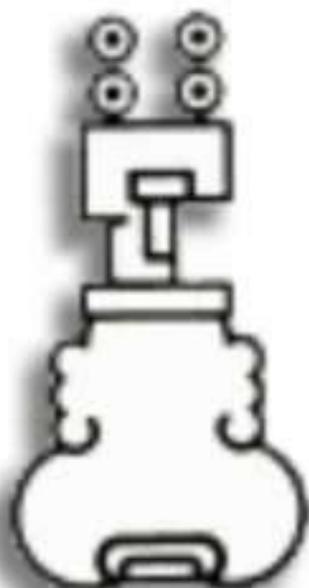


Imagen 82. (2020) Escudo del municipio.
Recuperado de <https://bit.ly/3brnzLB>

La población del municipio se formó durante el periodo preclásico por un grupo de Olmecas que llegaron a la zona, enriqueciendo la cultura Tlatílica del sitio. A partir del año 1428, el territorio naucalpense perteneció al imperio Tepaneca de Azcapotzalco, pero derrotado éste por la Triple Alianza y desposeído de todos sus dominios, los monarcas de la Gran Tenochtitlán los cedieron al Señorío de Tlacopan.

La fundación del municipio fue el 3 de septiembre de 1874, donde se le agrego "de Juárez" en honor al ex presidente Benito Juárez, oficializándose por el decreto 30 como el municipio de Naucalpan de Juárez.

Durante la Colonia se explotó cantera, arena y grava para construir múltiples iglesias y palacios, incluidos la Catedral Metropolitana y el Palacio Nacional de México. Además, se tributaba carbón para la Casa de Moneda.

De acuerdo al INEGI el porcentaje de población que profesa la religión católica es del 82,78%. Las fiestas tradicionales de Naucalpan es la Fiesta de Los Remedios festejada cada 8 de septiembre en el santuario de Los Remedios. Entre otras tradiciones se encuentra la charrería, donde existen varios lienzos charros para el fomento de esta tradición.

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.3.- Análisis de los aspectos Socio-económicos.

La población de Naucalpan se incrementó drásticamente después de los años de 1960 por la construcción de Ciudad Satélite, lo que permitió que las personas tuvieran una casa a las periferias de ciudad.

La conexión de Naucalpan con la Ciudad de México, sus salidas hacia Querétaro y Toluca volvió al municipio un punto estratégico de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Con una población actual de 844 219 de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, con un porcentaje de 48.2% y 407 294 habitantes hombres y un porcentaje de 51.8% y 436 925 habitantes mujeres.

Como se puede ver el incremento de población fue mayor en los años de 1960 a 1990, después de esos años la población del municipio entro en un periodo de estabilidad donde el incremento es mínimo. Del año de 1990 al 2014, la población ha crecido un promedio de 0.37%²

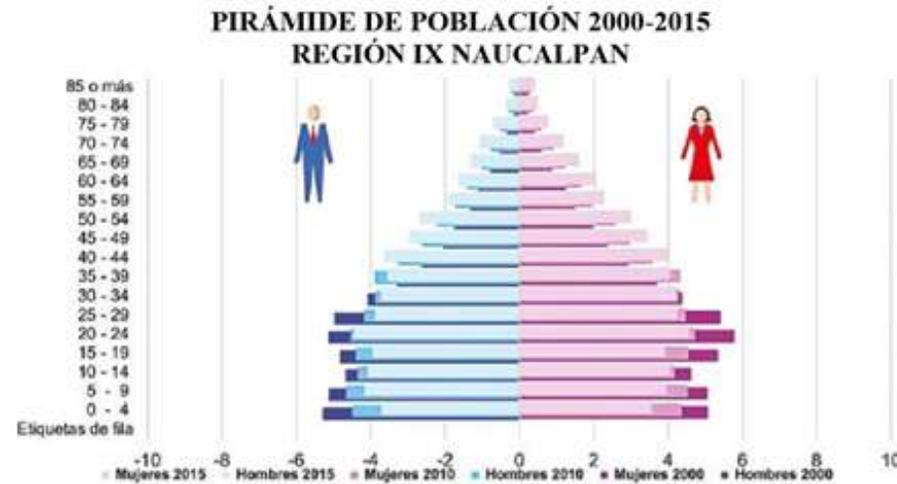


Imagen 83. (2019) Pirámide poblacional municipal por grupos de edad, Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado del Plan de Desarrollo Municipal de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.

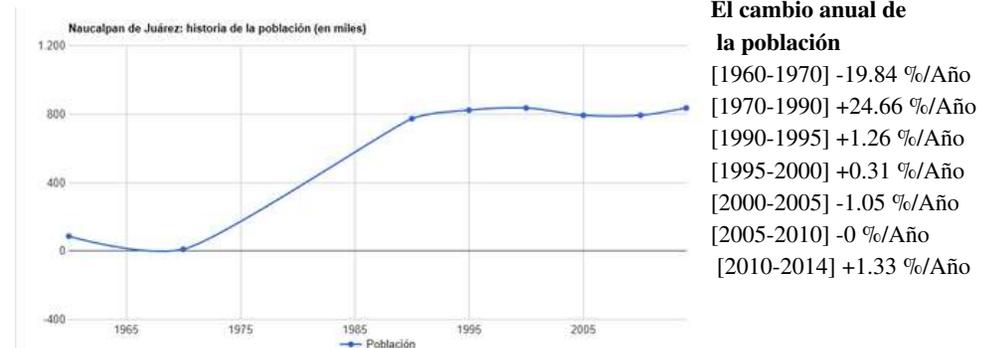


Imagen 84. (2015) Historia de la población en Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de: <https://bit.ly/2VNDygl>

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.3.- Análisis de los aspectos Socio-económicos.

El Producto Interno Bruto del Municipio de Naucalpan asciende a la cifra de \$292,340.3 millones de pesos (2018) lo que representa aproximadamente el 18.14% del PIB del Estado de México y el 0.97% del producto interno bruto del país.

En lo que se refiere al Producto Interno Bruto Per Cápita del municipio es 13,143 dólares anuales (aproximadamente 276,000 pesos anuales), estando por encima del PIB per cápita del Estado de México en su totalidad, que es de 3,700 dólares anuales e incluso por encima del país que en promedio es de 9,673.4 dólares.

El 99.99 % del PIB de Naucalpan se genera en los sectores secundario (9.0%) y terciario (90.998%), teniendo mayor peso el sector terciario evidenciando la vocación comercial y de servicios del municipio.

De acuerdo al INEGI, según datos de la encuesta intercensal 2015. La población económicamente activa corresponde a un total de 689 910 personas (52.57%). Para esa fecha, más del 95.59% de la PEA, 659,485 personas estaban ocupadas, por lo que la Tasa General de Desempleo es de 4.41% lo cual es un indicador favorable.



Imagen 85. (2020) Producto Interno Bruto Municipal (PIB) . Recuperado del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.

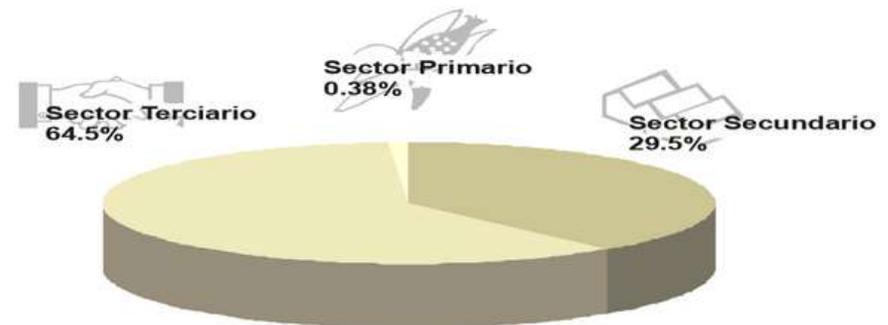


Imagen 86. (2020) Porcentaje de población ocupada por sector de actividad. . Recuperado del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.

2.1.- Aspectos Generales.

2- Análisis del sitio.

2.1.4.- Análisis de los aspectos históricos.

El municipio se desarrolló de manera explosiva a partir de los años cincuenta, debido a la expansión de la Ciudad de México, además, en su territorio se asentó el polo industrial más importante de la región en su época.

A principios de los años cincuenta se desarrolla en Naucalpan un parque industrial, que en poco tiempo toma un auge tan importante, que espontáneamente impulsa el crecimiento. Otro gran detonador del municipio Naucalpan fue el proyecto de Ciudad Satélite.

Todo este nuevo proceso fue insertándose en una trama urbana incipiente y limitada, con una infraestructura originalmente instalada para un territorio y una población mucho menores a lo que se venían dando. No hubo debido control, no se realizaron obras ni se instalaron servicios suficientes para satisfacer las nuevas demandas y mucho menos se previeron futuras.

En Naucalpan, no se construyó “ciudad”, sino sólo vivienda y los servicios más indispensables y cercanos a ésta, por lo que las carencias en materia vial y de infraestructura en general, constituyen la suma de las necesidades que los diferentes desarrollos de vivienda fueron acumulando a lo largo del tiempo y que hasta la fecha no han sido cubiertos



Imagen 87. (2017) Acceso de Ciudad Satélite. Recuperado de <https://bit.ly/3cBbfZj>



Imagen 88. (2016) Plaza Satélite. Recuperado de <https://bit.ly/2RU9oa3>

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.1.- Geología.

El origen geológico del territorio del municipio está formado por rocas de distintos periodos, estableciendo sus orígenes en el periodo Terciario de la era Cenozoica y en menos medida del periodo Cuaternario. El origen de los suelos también tiene su influencia en el eje Neovolcánico Transversal, por lo que la mayor parte de las rocas son ígneas extrusivas, volcanoclásticas y sedimentarias.

Periodo: Neógeno (49.72%)

Roca: Ígnea extrusiva: volcanoclásticas (21.96%) y andesita (21.77%) Sedimentaria: brecha sedimentaria (5.99%)

Sitios de interes: Bancos de material: acabados y agregados.

El tipo de suelo del municipio propicio la minería para materiales de construcción, como lo fueron los acabados y agregados. Con el paso del tiempo esta actividad fue socavando algunos territorios generando cavernas. que actualmente es un riesgo potencial para la construcción, sobre todo en la zona de Lomas Verdes, donde los estudios de Mecánica de Suelos son indispensables para construir en la zona.

Mapa geológico.

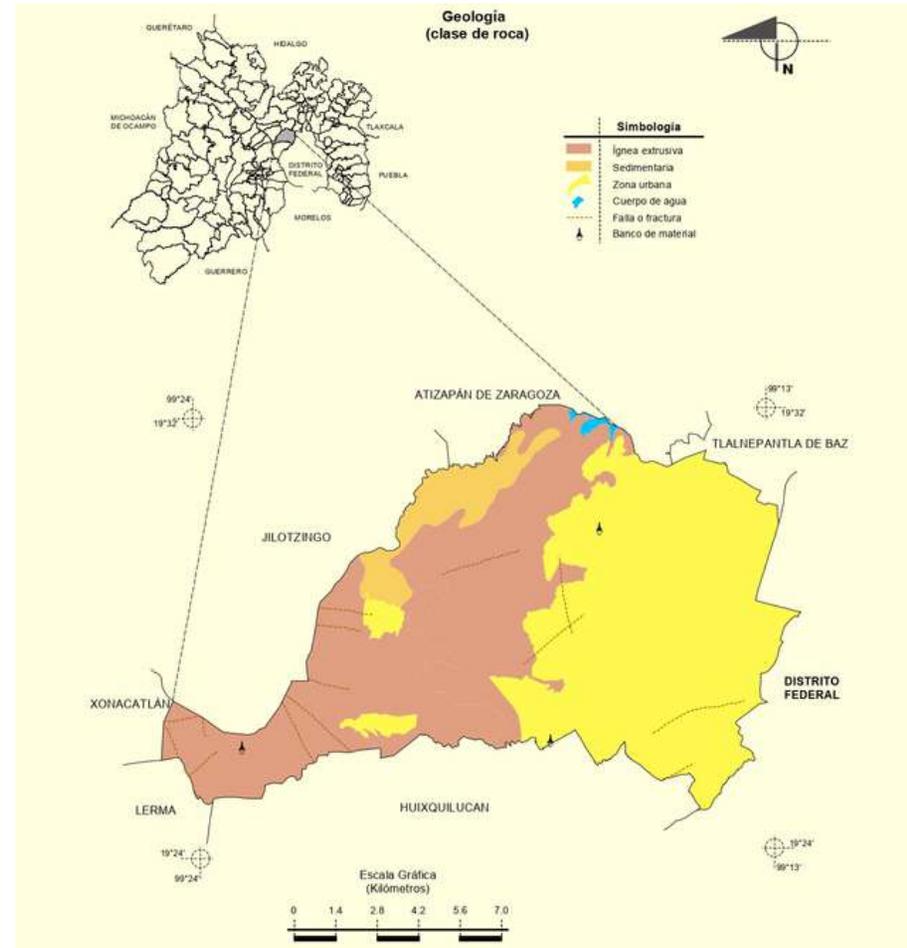


Imagen 89. (2009) Mapa geológico de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.2.- Edafología (Suelos).

El municipio está formado principalmente por 6 tipos de suelo de los cuales el Regosol es potencial para la agricultura, a pesar de solo contar con el 2.42% de la superficie del municipio. En cambio, las zonas urbanas se están desarrollando sobre rocas sedimentarias del Neógeno y en rocas ígneas extrusivas, esto debido a su capacidad de carga simplificando los procesos de cimentación de las edificaciones.

El municipio cuenta con una superficie de 156.6 km²

Suelos Dominantes:

Phaeozem (17.91%) - 28.05 km² de superficie.

Andosol (14.27%) - 22.35 km² de superficie.

Luvisol (6.77%) - 10.60 km² de superficie.

Cambisol (5.61%) - 8.80 km² de superficie.

Durisol (2.74%) - 4.30 km² de superficie.

Regosol (2.42%) - 3.80 km² de superficie.

Mapa de suelos.

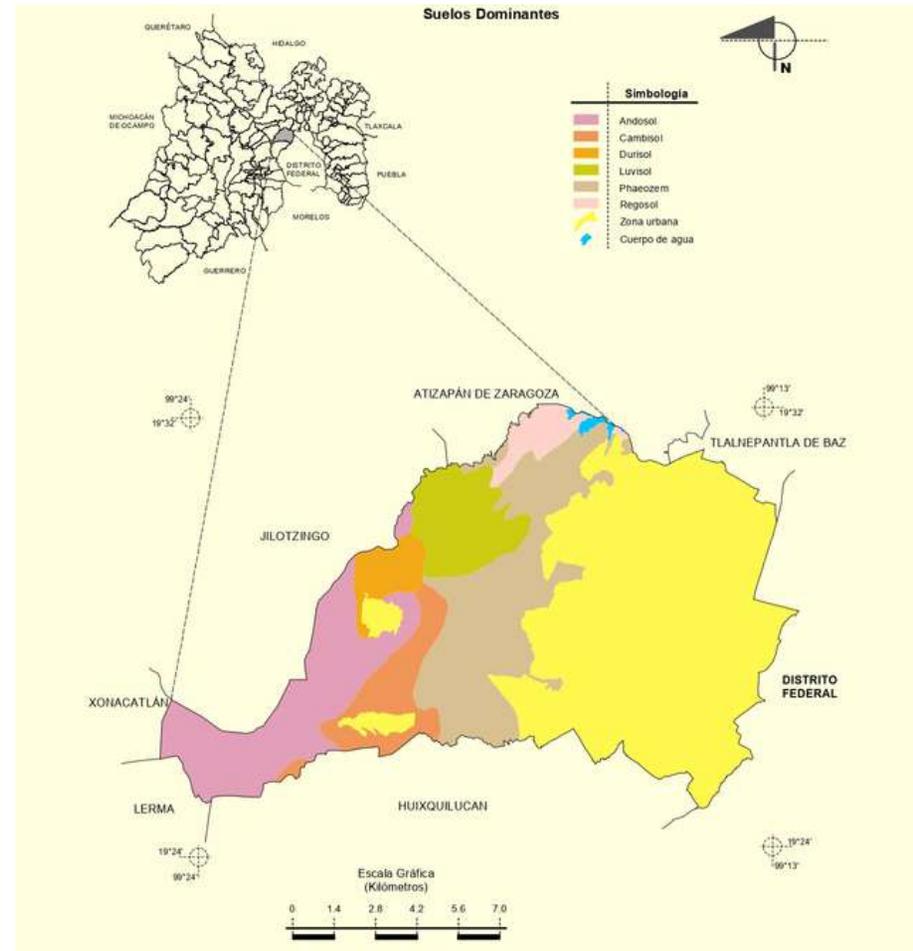


Imagen 90. (2009) Mapa de suelos de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.3.- Relieve (Orografía).

El relieve del municipio en un radio de 3.0 kilómetros presenta variaciones muy grandes de altitud, con una diferencia de 252 metros entre su punto más alto y más bajo sobre el nivel del mar, considerado de 2,297 metros. Esta area se encuentra cubierta el 91% de su superficie con construcciones.

En un radio mayor, de 16 kilómetros las variaciones de altura son más considerables, llegando a diferencias de 1,259 metros. Esta segunda area se encuentra cubierta el 61% de construcción y un 19% de árboles.

Considerando una última zona con un radio de 80 kilómetros las variaciones de altitud son extremas llegando a 4,244 metros, donde el 39% de la superficie está cubierta de tierra de cultivo y el 25% de árboles.

Tabla de las Elevaciones más importantes.

- Nombre de la elevación	Altura msnm
- Cerro La Malinche	3,450 msnm
- Cerro San Francisco	3,210 msnm
- Cerro Magnolia	2,750 msnm
- Cerro Las Ánimas	2,690 msnm

Imagen 78. (2020) Elevaciones más importantes. . Recuperado del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.

Mapa de relieve.

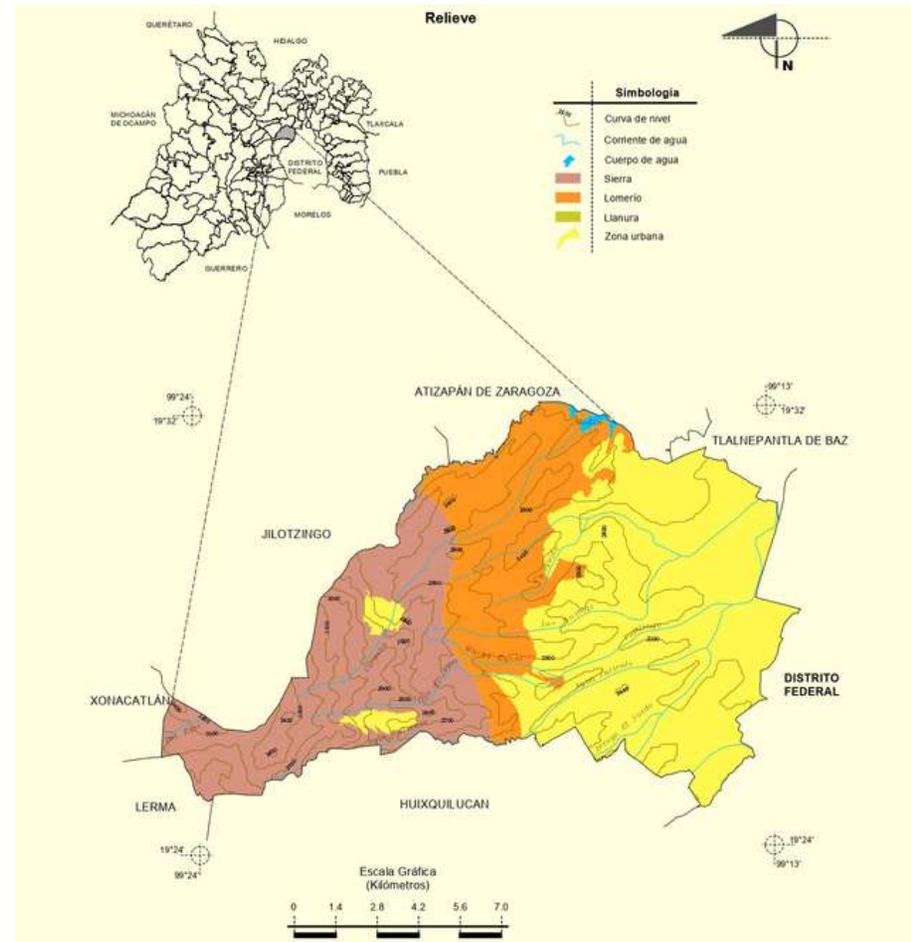


Imagen 91. (2009) Mapa del relieve de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.4.- Climatología.

En el municipio de Naucalpan el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y en algunas zonas el semifrío subhúmedo. existen tres subtipos de climas predominantes.

- 1) C(W1) - 47% de la superficie del municipio.
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.
- 2) C(W2) - 41% de la superficie del municipio.
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.
- 3) C(E)(W2) - 12% de la superficie del municipio.
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.

La temperatura media anual del municipio oscila entre los 12°C a los 18°C. La temperatura media del más mas frio se ubica entre los -3°C a los 18°C mientras que la media del mes más caluroso se encuentra entre los 6.5°C y los 26°C.

El clima frío este situado en la zona oeste del municipio en el cerro de la malinche, colindando con Lerma, en nuestro caso el clima donde vamos a intervenir es el C(W1) que no tiene muchas complicaciones para el diseño.

Caracterizando al sitio con un clima no extremo, lidiando muy poco con el calor y con el frio en ciertas zonas y meses, teniendo un clima confortable la mayor parte del año.

Mapa de climas.

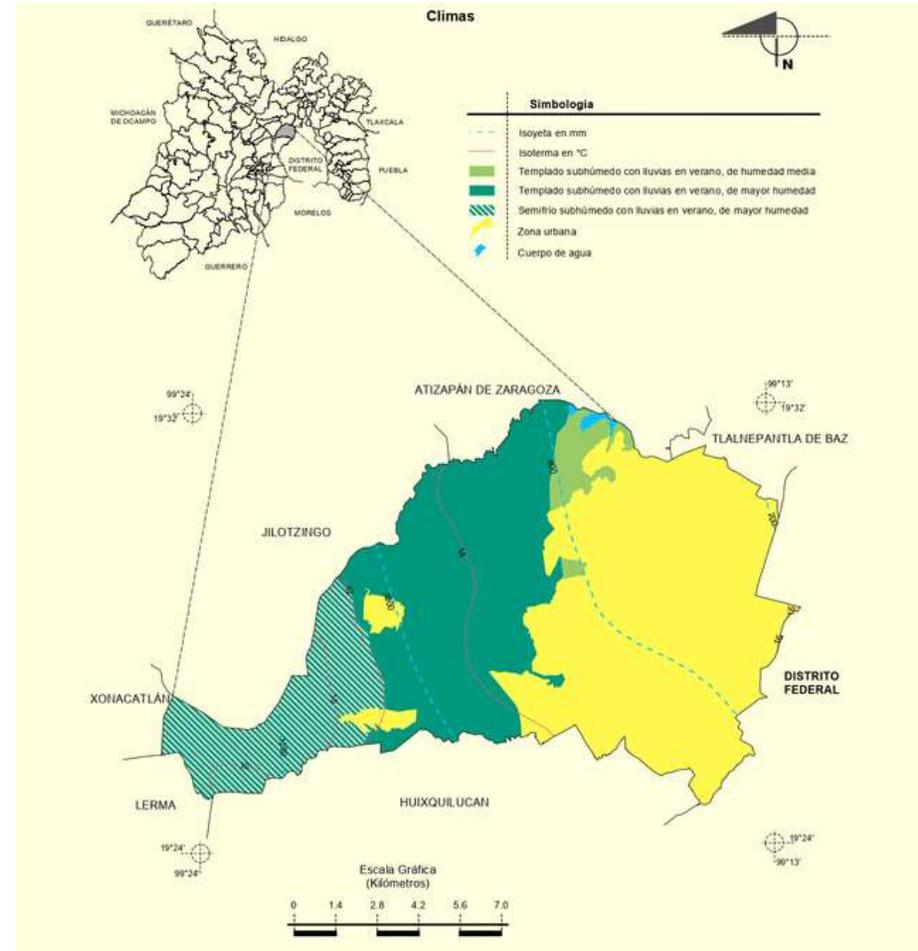


Imagen 92. (2009) Mapa de climas de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.5.- Precipitación pluvial y temperatura.

Por los factores del clima que presenta el municipio, las lluvias suceden normalmente en verano, con una precipitación máxima de 1,244 milímetros, una media de 807 y mínima de 570.

Los meses con mayor intensidad y cantidad de precipitación son de mayo a septiembre llegando a su auge en julio donde los días secos llegan a ser mínimos.

A pesar de que el promedio anual de lluvias es de 121 días y que las lluvias se reparten homogéneamente en el municipio (siendo ligeramente mayor en el cerro de la malinche, al oeste del municipio) desafortunadamente esta no se aprovecha ni recolecta debidamente.

A pesar de que el reglamento de construcciones te indica la recolección y aprovechamiento de las aguas pluviales, no existe ninguna norma concreta aplicable a los proyectos arquitectónicos, por lo que este trabajo buscará la forma de captarla y aprovecharla en los distintos usos que se les puede dar.

Temperaturas medias y precipitaciones.

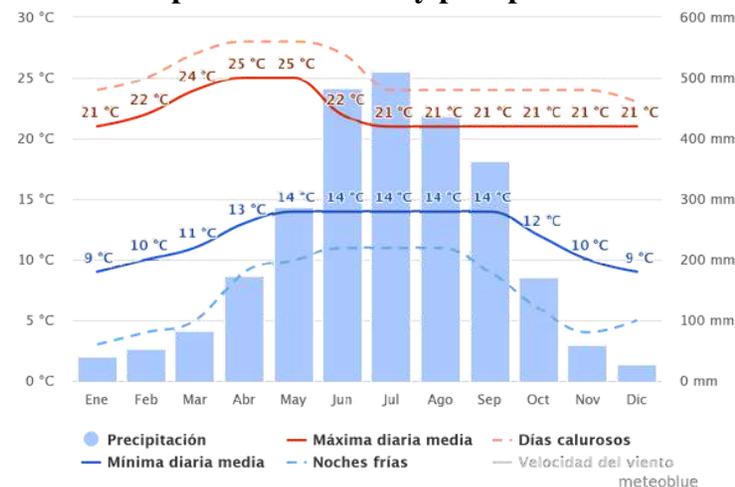


Imagen 93. (2020) Temperaturas medias y precipitaciones del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>

Cantidad de precipitación.

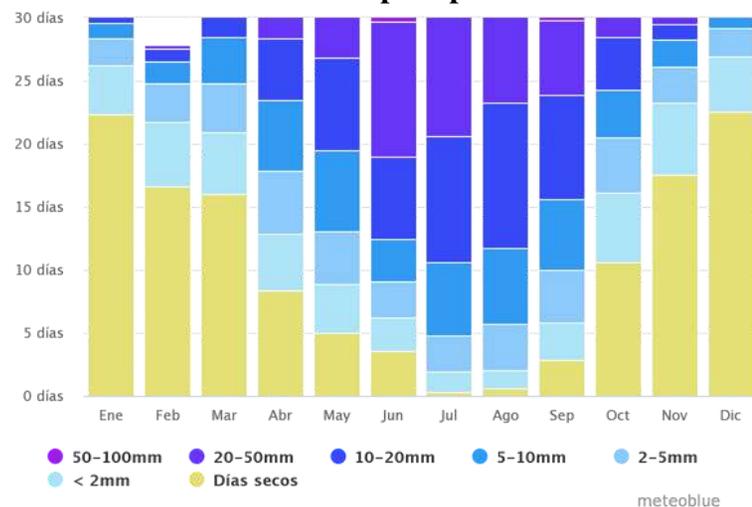


Imagen 94. (2020) Cantidad de precipitación del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.6.- Vientos dominantes y asoleamiento.

Los vientos en el municipio tienen una velocidad promedio anual de 3.0 m/s, de enero a abril tienen una dirección Noreste de acuerdo a la imagen 85, el cual llega a tener velocidades hasta de 22.0 m/s. mientras que de mayo a diciembre los vientos tienen una dirección norte - sur, llegando a ráfagas de 22.0 m/s. La ubicación del municipio tiene las siguientes características:

Altura: 2275m

Latitud: N 19°27'28.55"

Longitud: W 99°13'7.63"

Asoleamiento del terreno.

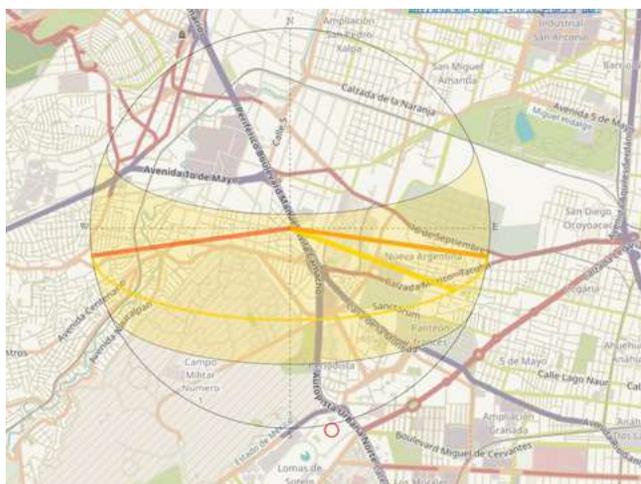


Imagen 96. (2020) Asoleamiento del terreno. Recuperado de <https://bit.ly/3eS6Ao2>

Velocidad del viento.

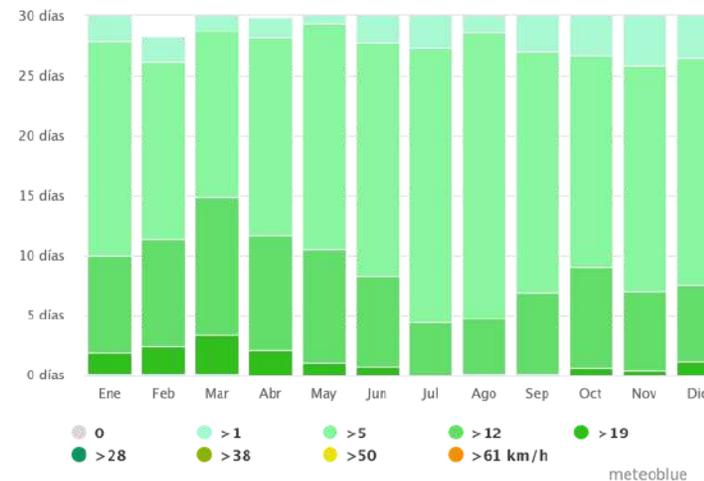


Imagen 95. (2020) Velocidad del viento en el municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>

Vientos dominantes.

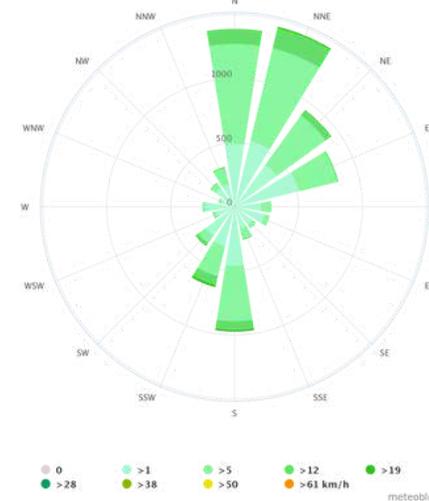


Imagen 97. (2020) Vientos dominantes del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.7.- Hidrología.

En aguas superficiales las cuencas del municipio están divididos en dos, la que domina con un 97% de la superficie del municipio es la Región Hidrológica PÁNUCO; Subcuenca Lagos Texcoco y Zumpango, mientras que el 3% de superficie restante corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago.

La cuenca está comprendida por cuerpos de agua destinado al riego, como lo son las presas Huapango, Santa Clara, Danxhó, Thaxhimay. Las presas destinadas al uso urbano e industrial son Madin, Totolica y Zumpango, de la cual se abastece la mayor parte de la industria y población del centro de México.

En aguas subterráneas el volumen principal de recarga es por la precipitación pluvial en la zona de la Sierra de Los Remedios y el Cerro de la malinche, consideradas zonas de alta permeabilidad.

De acuerdo al inventario de bienes inmuebles el municipio cuenta con 88 pozos de extracción de agua destinada al uso potable.

En general, el sistema hidrológico del municipio es escaso, debido a que la mayor parte de las aguas superficiales están contaminadas en grados variables, entre medio y alto, resultado de las descargas domesticas e industriales, considerando que reciben muy poco tratamiento.

Mapa hidrológico.

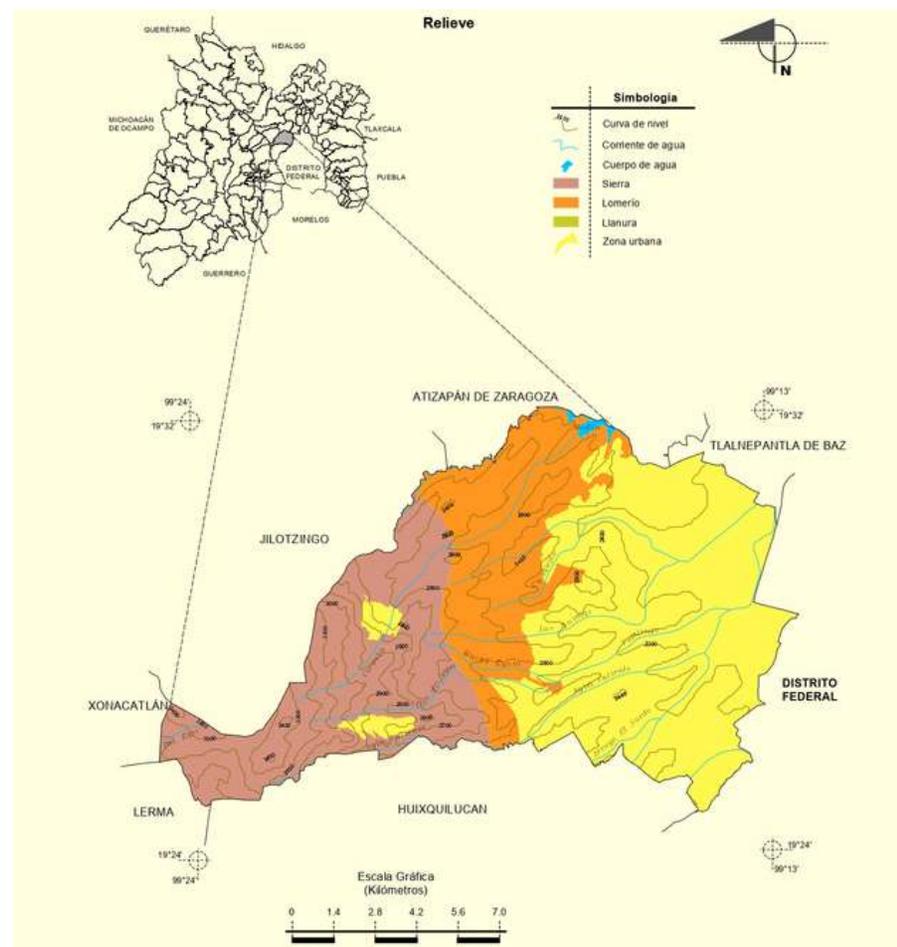


Imagen 98. (2009) Mapa de hidrología de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.1.5.- Climatología, Hidrología y Orografía.

2.1.5.9.- Usos de suelo y Vegetación.

Los usos del suelo están divididos principalmente en cuatro rubros.

- 1) Agrícola - 10.04% de la superficie del municipio.
- 2) Urbano - 49.98% de la superficie del municipio
- 3) Pastizal - 21.35% de la superficie del municipio
- 4) Bosque - 18.33% de la superficie del municipio

La industrialización del municipio, las zonas residenciales así como la dinámica urbana ha llevado a una disminución de especies en su entorno natural. Las principales especies maderables en el municipio son: oyamel, pino, ocote, cedro, encino y eucalipto. Encontradas principalmente en las áreas naturales así como en el Parque Nacional de los Remedios. En cuanto a las especies frutales se encuentran los ciruelos, manzanos, durazno, pera y capulín.

También se encuentran otros árboles como el pirul, huizache, trueno, alcanfor, fresno y álamo. Plantas de ornato como la jacaranda y la bugambilia. En cuanto a plantas cultivadas se encuentra el maíz, frijol, haba y papa

En cuanto a la fauna, la misma dinámica urbana ha provocado que las especies se encuentren en las partes altas al oeste del municipio, en los cerros y cañadas. Se encuentran especies de pequeños mamíferos como lo son las ardillas, tlacuaches, así como insectos, reptiles y aves pequeñas como cardenales, palomas y dominicos.

Mapa de usos de suelo y vegetación.

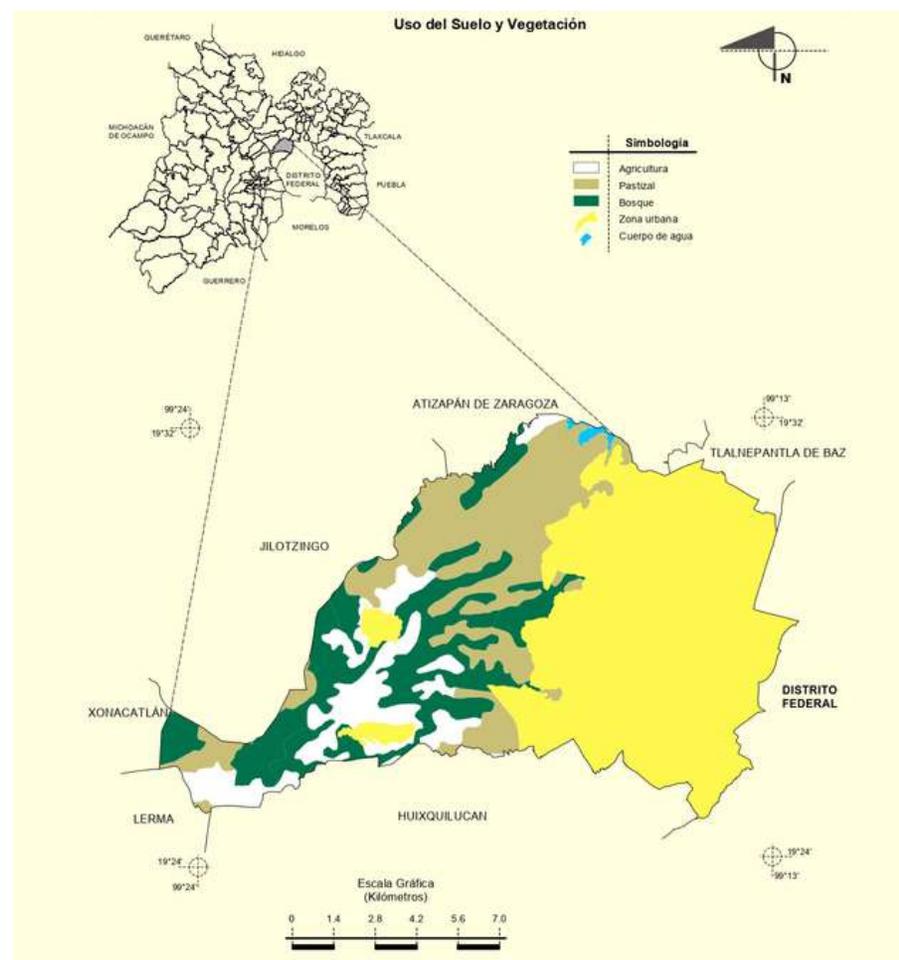


Imagen 99. (2009) Mapa de orografía de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.2.1.- Normatividad aplicable al proyecto.

1.- SISTEMA NORMATIVO DE EQUIPAMIENTO URBANO - SEDESOL

- Espectáculos Deportivos SEDESOL.

2.- PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE NAUCALPAN DE JUAREZ.

- Antecedentes • Contexto • Fundamento jurídico • Medio físico natural • Medio físico transformado • Aspectos socioeconómicos • Población • Sistema de localidades • Equipamiento urbano • Servicios urbanos • Normatividad • Condiciones de planeación • Dosificación del desarrollo urbano • Políticas y estrategias • Estrategia general.

3.- REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA CIUDAD DE MÉXICO - 2017

- Disposiciones Generales • Alineamiento • Restricciones de las construcciones • Restricciones del proyecto • Proyecto arquitectónico • Requerimientos del proyecto • Requerimientos de Higiene, servicios y acondicionamiento ambiental
 - Requerimientos de integración al contexto e imagen urbana • Prevención de emergencias, circulaciones y comunicación
- Instalaciones • Hidráulicas y sanitarias • Eléctricas • Especiales.

4.- RECOMENDACIONES TECNICAS Y REQUISITOS PARA ESTADIOS DE FUTBOL - FIFA

- Decisiones previas a la construcción. • Seguridad. • Orientación y estacionamientos. • Terreno de juego.
- Espectadores. • Hospitalidad. • Medios. • Iluminación y suministro de energía. • Comunicaciones y zonas adicionales.
- Instalaciones temporales.

2.2.1.- Normatividad aplicable al proyecto.

5.- GUIA UEFA DE ESTADIOS DE CALIDAD - UEFA

- Estrategia de Adquisición. • Emplazamiento y ubicación. • Principales elementos de diseño y geometría del estadio.
- Usuarios y funciones principales. • Estructura del estadio. • Instalaciones mecánicas y eléctricas. • Conceptos de estadio sostenible. • Mantenimiento general del estadio. • Procesos de construcción. • Casos prácticos y ejemplos.

6.- REQUISITOS DE LA FIFA PARA ESTADIOS MUNIDALISTAS.

- Graderío. • Cubierta del estadio. • Área de juego y vallas publicitarias. • Estacionamiento. • Suministro de energía. • Seguridad y primeros auxilios. • Locales comerciales. • Limpieza y mantenimiento. • Comunicación. • Estadios sustentables.

7.- NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA

- NOM - A100 Recreación y deporte. • NOM - A130 Requisitos de Seguridad. • NOM-114-SEMARNAT1998 • NOM-012-SSA1-1993
- NOM-127-SSA1-1994 • NOM-001-SEMARNAT1996.

SANIDAD

- NOM-005-SSA2-1993 • NOM-017-SSA2-1994 • NOM-029-ECOL-1993 • NOM-087-ECOL-1995.

DESCARGAS SANITARIAS

- NOM-001-SEMARNAT1996 • NOM-002-SEMARNAT1997 • NOM-011-CNA-2000.

2.2.2.- Restricciones

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano y la Tabla de usos de suelo de Naucalpan de Juárez para Instalaciones para deportes de exhibición al aire libre, **(2.33 INSTALACIONES PARA DEPORTES DE EXHIBICIÓN AL AIRE LIBRE - ESTADIOS)** específicamente para el uso de Estadios marca una superficie mínima de terreno de 1800.0 metros cuadrados y un Coeficiente máximo de utilización del suelo (COS) del 20% y un Coeficiente máximo de utilización del suelo (CUS) de 1.0. Estos valores nos ayudarán a determinar el tamaño del predio propuesto para el proyecto.

Otras restricciones que tiene el uso de suelo es la altura máxima en metros sobre el nivel de desplante de 15.0 metros y un número máximo de 5 niveles. Así como un porcentaje de área verde del 60%, consideraciones que se tomarán en cuenta al momento de hacer el proyecto.

Actualmente el predio marca un uso de suelo de "Equipamiento Especial", a manera de criterio se propondrá un cambio de uso de suelo por el antes mencionado, mismo que se desarrollara en el apartado.

NORMAS DE APROVECHAMIENTO		Clave de la Categoría del suelo	Clave de la Categoría del suelo
		CUA	CUAG
DENSIDAD	NÚMERO MÁXIMO DE HABITANTES POR HECTÁREA	NP	NP
	NÚMERO MÁXIMO DE VIVIENDAS POR HECTÁREA	NP	NP
	METROS CUADRADOS DE TERRENO BRUTO POR VIVIENDA (CUANDO EL DESARROLLO REQUIERA LA APERTURA DE VIALIDADES INTERNAS)	NP	NP
	METROS CUADRADOS DE TERRENO NETO POR VIVIENDA (CUANDO EL DESARROLLO NO REQUIERA LA APERTURA DE VIALIDADES INTERNAS)	NP	NP
LOTE MINIMO	FRENTE EN METROS	20	20
	SUPERFICIE EN METROS CUADRADOS	1800	1800
	NÚMERO MÁXIMO DE VIVIENDAS POR LOTE MÍNIMO	NP	NP
SUPERFICIE MÍNIMA SIN CONSTRUIR	PORCENTAJE DE ÁREA LIBRE (%)	20	20
	PORCENTAJE DE ÁREA VERDE (%)	60	60
SUPERFICIE MÁXIMA DE DESPLANTE DE LA CONSTRUCCIÓN	PORCENTAJE MÁXIMO DE SUPERFICIE DE DESPLANTE DE LA CONSTRUCCIÓN (%) (COEFICIENTE MÁXIMO DE OCUPACIÓN DEL SUELO)	20	20
ALTURA MÁXIMA DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO MÁXIMO DE NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	5	5
	ALTURA MÁXIMA EN METROS SOBRE EL NIVEL DE DESPLANTE	15	15
SUPERFICIE MÁXIMA DE CONSTRUCCIÓN	COEFICIENTE MÁXIMO DE UTILIZACIÓN DEL SUELO (INTENSIDAD MÁXIMA DE CONSTRUCCIÓN)	1	1
Clave	USO ESPECÍFICO DE SUELO	USO GENERAL DE SUELO	TAMAÑO
2.33	ESTADIOS, HIPÓDROMOS, GALGÓDROMOS, AUTÓDROMOS, VELÓDROMOS, PLAZAS DETOROS, LIENZOS CHARROS, PISTAS PARA MOTOCICLISMO Y ACTIVIDADES ACUÁTICAS	INSTALACIONES PARA DEPORTES DE EXHIBICIÓN AL AIRE LIBRE	CUALQUIER SUPERFICIE POR USO

Tabla 3.- Tabla de usos de suelo de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de: <https://bit.ly/2SIcG0B>

2.2.3.- Normas y reglamentos aplicables.

PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

Los elementos arquitectónicos que constituyen el perfil de una fachada, tales como pilastras, sardineles, marcos de puertas y ventanas situados a una altura menor de dos metros cincuenta centímetros sobre el nivel de banqueta, podrán sobresalir del alineamiento hasta diez centímetros. Estos mismos elementos situados a una altura mayor de dos metros cincuenta centímetros, podrán sobresalir hasta quince centímetros.

Las edificaciones deberán contar como mínimo con los siguientes espacios:

- I. Estacionamientos de vehículos dentro del predio.
- II. Áreas verdes dentro del predio.
- III. Construcción definida dentro del predio
- IV. Áreas definidas de circulación vehicular y peatonal (si lo requiere el proyecto).

Las salidas a vía pública en edificaciones de entretenimiento contarán con marquesinas que cumplan con lo indicado en las Normas.

Las edificaciones de más de 25 m de altura requieren escalera de emergencia.

Las edificaciones para deportes, aulas, teatros y otros espacios para actos y espectáculos al aire libre en las que se requiera de graderías debe cumplir con lo que se establece en las Normas.

Las graderías que antes estaban dimensionadas en el cuerpo del reglamento también han pasado a las normas, donde se fijan los peraltes, escaleras y pasillos.

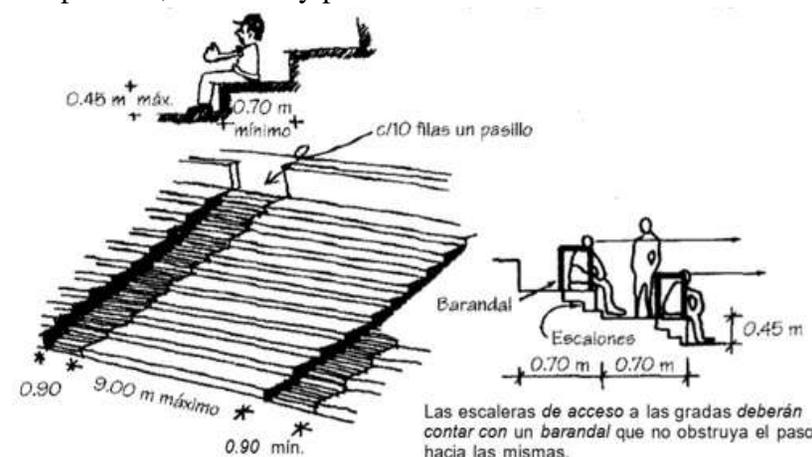


Imagen 100. (2019) Gradas de acuerdo a las Normas. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019

- I. El pasillo entre el frente de una butaca y el respaldo de adelante será, cuando menos, de 45cm.
- II. Las filas podrán tener un máximo de 24 butacas cuando desemboquen a dos pasillos laterales y de doce butacas cuando desemboquen a uno solo, si el pasillo al que se refiere la fracción II tiene cuando menos 75 cm.

2.2.3.- Normas y reglamentos aplicables.

El ancho mínimo de dicho pasillo para filas de menos butacas se determinará interpolando las cantidades anteriores, sin perjuicio de cumplir el mínimo establecido en la fracción II de este artículo.

III. Las butacas deberán estar fijadas al piso, con excepción de las que se encuentren en palcos y plateas.

• IV. Los asientos de las butacas serán plegadizos, a menos que el pasillo al que se refiere la fracción II sea, cuando menos, de 75 cm.

I. La Isoptica o condición de igual visibilidad deberá calcularse con una constante de 12cm., medida equivalente a la diferencia de niveles entre el ojo de una persona y la parte superior de la cabeza del espectador que se encuentre en la fila inmediata inferior.

Las edificaciones destinadas a la educación, centros culturales, recreativos, centros deportivos, de alojamiento, comerciales e industriales deben contar con un local de servicio médico para primeros auxilios de acuerdo con lo establecido en las Normas.

Las edificaciones de recreación deben tener sistemas de iluminación de emergencia con encendido automático, para luminar pasillos, salidas, vestíbulos, sanitarios, salas y locales de concurrentes, y letreros indicadores de salida de emergencia en los niveles de iluminación establecidos en las Normas y las Normas Oficiales Mexicanas.

ESTACIONAMIENTO

USO	RANGO O DESTINO	NUM. CAJONES DE ESTACIONAMIENTO
DEPORTES Y RECREACIÓN	ESTADIOS	1 por cada 75 m2 construidos

Tabla 4.- Cajones de estacionamiento. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019

- Medidas de los cajones: 5.00 x 2.40 metros.
- Se permiten hasta el 60% de cajones chicos: 4.20 x 2.20 metros.
- Altura libre mínima: 2.20 metros.
- Pendiente máxima: 15%
- Cajones especiales: 1 de cada 25 (El primero 1 de cada 12).
Medidas: 5.00 x 3.80 metros.

DOTACIÓN DE AGUA

TIPO DE EDIFICACIÓN	DOTACION DE AGUA (L)
ESPECTACULOS DEPORTIVOS	10 L/asiento/día

Tabla 5.- Dotación de agua. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019

2.3.1.- Criterio y fundamentación de la ubicación.

La fundamentación y el criterio para elegir la ubicación del proyecto está en función de tres parámetros básicos.

- 1.- Localización geográfica.
- 2.- Falta o deficiencia del equipamiento.
- 3.- Reducción del impacto ambiental en la zona.

Localización geográfica.

El municipio de Naucalpan presenta una excelente ubicación para un proyecto de estas características. Es el municipio principal de la zona norponiente de la Zona Metropolitana del Valle de México, ya que conecta al Estado de México con la Ciudad de México, Toluca y la carretera México - Querétaro a través del anillo periférico norte, considerando que de los 4 municipios aledaños es el que tiene mayor población. Se considera también importante el lugar debido a que tiene las mejores condiciones de transporte (público y privado) que ningún edificio de estas características tiene en el país.

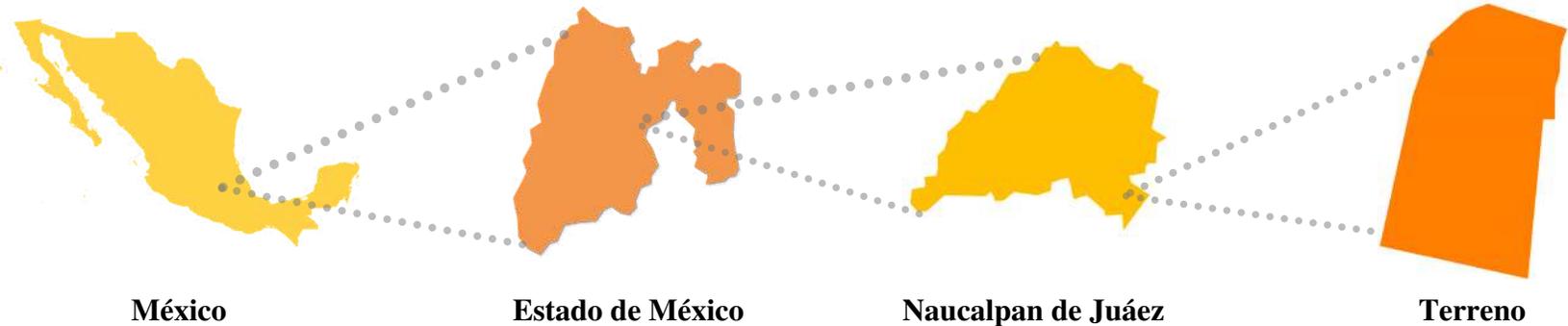
Falta o deficiencia del equipamiento.

La práctica de deportes de espectáculo en la región es notorio como lo es el Fútbol Soccer y el Fútbol Americano, desafortunadamente los "estadios" que posee el municipio son de muy baja capacidad de aproximadamente 3,500 espectadores, la normatividad de equipamiento urbano de SEDESOL establece un estadio para espectáculos deportivos a partir de 500,000 habitantes, por lo que la zona presenta un déficit de 4.0 inmuebles. Con este proyecto se pretende atender el 25% de toda la demanda existente en la zona, considerando también que el equipamiento evitará que las personas se desplacen a eventos de espectáculos hasta el sur de la ciudad, haciendo más de 2 horas de trayecto para llegar al lugar.

Reducción del impacto ambiental en la zona.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, el equipamiento propuesto requiere de un 60% del terreno para área verde, por lo que su creación constituiría un pulmón verde adicional para la zona, por lo que el proyecto satisface en dos sentidos a la comunidad, dotando de un servicio del que se carece y aportando más áreas verdes al municipio. Se considerará un terreno de una superficie tentativa de 120,000.0 metros cuadrados, de los cuales 72,000.0 metros cuadrados serán destinados para áreas verdes y árboles, mitigando la contaminación ambiental que se genera en la zona.

2.3.2.- Localización y dimensionamiento.



TERRENO

Ubicación: Calzada Transmisiones Militares s/n, Naucalpan de Juarez, Estado de México.

Área: 135,200.0 metros cuadrados.

Perímetro: 1535.0 metros.



Imagen 101 (2020) Ubicación del predio. Recuperado de Google Earth.

El terreno propuesto se encuentra en la colindancia oriente del municipio, colindando con la delegación Miguel Hidalgo y Azcapotzalco de la Ciudad de México, una de las grandes oportunidades del proyecto es la CETRAM Cuatro Caminos que ayudaría al proyecto a tener una conectividad con los municipios aledaños. Considerando que los medios de transporte tienen una capacidad mucho mayor a la demandada por el proyecto, además de colindar con otros equipamientos afines.

Topografía del terreno



Imagen 102 (2020) Topografía del predio. Elaboración propia.

2.4.1.- Urbanismo.

El municipio está dividido desde el punto de vista urbano en tres grandes zonas principales que se definen como:

- 1.- Zona urbana.
- 2.- Lomerío.
- 3.- Sierra.

La zona urbana así mismo está subdividida por la zona industrial y la zona residencial del municipio.



Ubicación: Calzada Transmisiones Militares s/n, Naucalpan de Juárez, Estado de México.

El proyecto se encuentra ubicado dentro de la zona urbana, entre la zona residencial y la zona industrial, rodeada de equipamiento, al oriente del municipio colindando con la Ciudad de México.

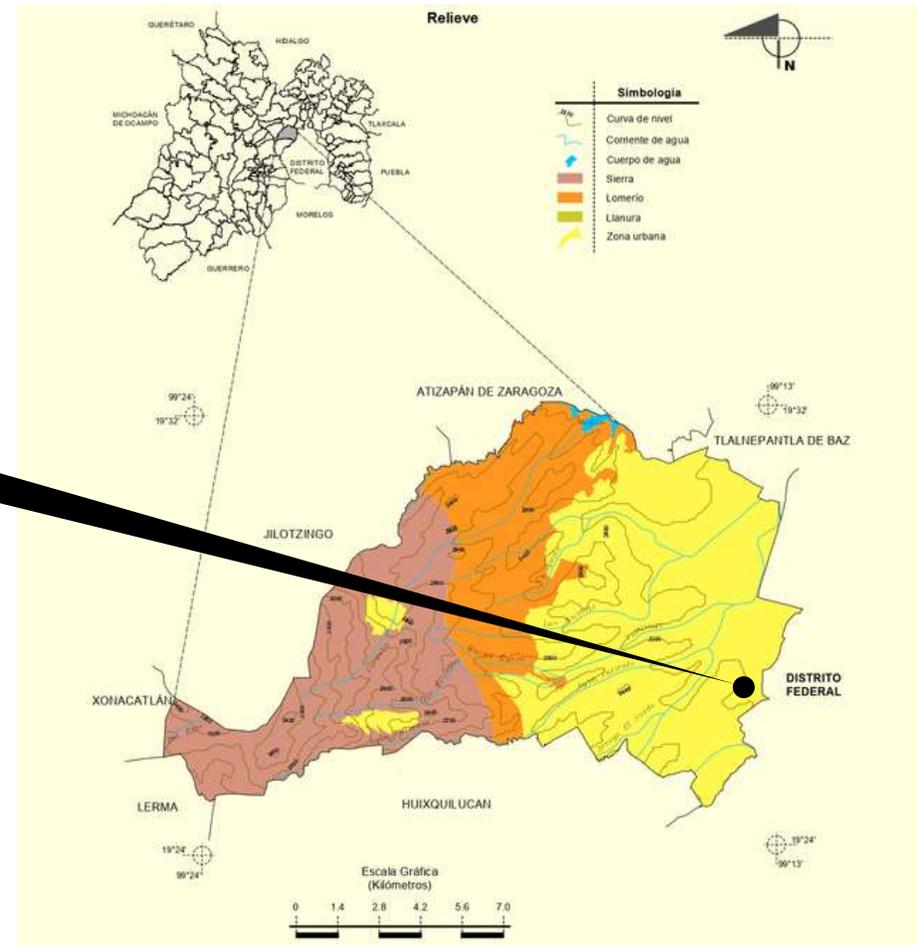


Imagen 103. (2009) Mapa de relieve de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.

2.4.2.- Vías de comunicación.

Vías de comunicación del terreno

-  Terreno
-  Carretera Toluca - Naucalpan
-  Av. Rio San Joaquín
-  Calzada México - Tacuba
-  Av. Gustavo Baz Prada
-  Terreno
-  Blvd. Manuel Avila Camacho



Imagen 104. (2020) Vías de comunicación del terreno. Elaboración propia.

La principal vía de comunicación (Color azul) es el Blvd, Manuel Ávila Camacho, también conocido como Anillo Periférico Norte siendo una vialidad principal que le da servicio a todo el municipio, la conectividad hacia el poniente del municipio se logra con la Carretera Toluca - Naucalpan (Color verde) siendo de gran utilidad para la conexión con el municipio de Huixquilucan. Otras avenidas importantes a considerar son la Calzada México - Tacuba (Color café) y la Avenida Rio San Joaquín (Color guinda) que ayudan a conectar la zona con la Ciudad de México.

Cabe mencionar que todas las vías presentadas en el mapa son vías principales con una gran capacidad vehicular, sin tener complicaciones mayores para los usuarios y servicios que requiera el proyecto, considerando que los jugadores del estadio tendrán distintas y accesibles formas de llegar, así como los usuarios lleguen al equipamiento en transporte privado.

2.4.3.- Transporte.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de transporte masivo es ideal para este tipo de equipamientos, considerando que por la ubicación del predio a solo 50.0 metros, es el único proyecto de esta tipología en el país que cuenta con una estación de Transferencia Multimodal (CETRAM - Cuatro caminos). Ubicada en la estación de la línea 2 del Metro que lleva el mismo nombre. Los pasillos de conexión entre modos de transporte distintos, incluidos los taxis y transportes foráneos, están equipados con servicios para los usuarios, de este modo éstos pueden satisfacer necesidades camino a casa o rumbo al trabajo. La CETRAM tiene una afluencia diaria de 480,000 usuarios y 40 mil partidas diarias de transporte público, los modos de transporte actual son taxi, metro, transporte concesionado y transporte foráneo. La línea 2 del metro conecta con el centro histórico de la CDMX y la Terminal de Autobuses del Sur - Taxqueña.

Principales rutas de la CETRAM

1. Cuatro caminos - Villa de las flores. (Ruta 1)
2. Cuatro caminos - Nicolás Romero (Ruta 3)
3. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 10)
4. Cuatro caminos - Huixquilucan (Ruta 11)
5. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 12)
6. Cuatro caminos - Huixquilucan (Ruta 13)
7. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 14)
8. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 16)
9. Cuatro caminos - Huixquilucan (Ruta 19)
10. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 22 y 23)
11. Cuatro caminos - Atizapán (Ruta 24)
12. Cuatro caminos - Huixquilucan (Ruta 25)
13. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 27 y 28)
14. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 32, 33 y 35)
15. Cuatro caminos - Huixquilucan (Ruta 36)
16. Cuatro caminos - Naucalpan (Ruta 38, 39 y 40)
17. Cuatro caminos - Tlalnepantla (Ruta 44)



Imagen 105. (2020) CETRAM Cuatro Caminos. Recuperado de <https://bit.ly/2YVhweT>

2.4.4.- Infraestructura y servicios.

En lo que refiere a la infraestructura y servicios del terreno, al estar en una zona urbana cuenta con todos los servicios, considerando que en este apartado se analizarán principalmente cuatro tipos. 1) Instalación hidráulica, 2) Conexión al drenaje, 3) Alumbrado público y 4) Electricidad. Como existe los servicios se analizarán para determinar si satisfacen o no la necesidad del proyecto.

1) Instalación hidráulica: El predio cuenta con dos conexiones a la red de agua potable del municipio, considerando que es suficiente para la demanda del proyecto, así mismo se recolectaran las aguas pluviales y darles un tratamiento para usarlas y reducir la demanda de agua de la edificación.

2) Conexión al drenaje: La conexión al drenaje se encuentra en la colindancia sur del predio, aunque el reglamento y las normas establecen para este tipo de tipología reutilizar y dar tratamiento a las aguas negras, se tendrá una conexión al drenaje en caso de emergencia o para dar mantenimiento al sistema de tratamiento de aguas, cabe considerar que estas serán utilizadas para el riego de las áreas verdes.

3) Alumbrado público: Tenemos 16 luminarias a lo largo de toda la colindancia sur con una separación aproximada de 25.0 metros, en algunos casos solo se tiene una luminaria y en otros dos, una de cada lado de la calle, aun así se considera deficiente por la sensación de inseguridad que genera en las noches, por lo que se tendrá que proponer un nuevo sistema de iluminación exterior que satisfaga las necesidades requeridas por el proyecto.

4) Electricidad: En la colindancia sur tenemos el suministro de energía eléctrica dotado por 8 postes de luz y dos transformadores, será necesario tener una subestación eléctrica dentro del proyecto para tener la satisfacer la demanda que llegue a tener.



Imagen 106. (2020) Ubicación del predio. Elaboración propia.

2.4.5.- Equipamiento.



- **Educación y cultura.**

Teatro Bicentenario.
 Heroico Colegio Militar.
 Museo Soumaya. Museo Jumex.



- **Salud y asistencia social**

Hospital Mexiquense de la Salud Visual. Cruz Roja Mexicana - Delegación Naucalpan. Hospital Público Veterinario. Hospital General Dr. Maximiliano Ruiz. IMSS Hospital General de Zona 194. Hospital Pediátrico Legaria.



- **Comercio y abasto.**

Soriana Super Naucalpan.
 Mercado municipal.
 Walmart Lomas Toreo. Toreo parque central.



- **Comunicaciones y transportes.**

CETRAM - Cuatro caminos.



- **Recreación y deporte.**

Lienzo charro Naucalpan.
 Unidad deportiva Benito Juárez Xalpa.
 Parque Bicentenario.
 Centro deportivo Israelita.
 Hipódromo de las Américas.
 Club Mundet



- **Administración pública.**

Palacio Municipal de Naucalpan de Juárez.
 OAPAS Naucalpan. Juzgados de Naucalpan.
 Campo Militar

Radio de análisis - 3.0 kilómetros.

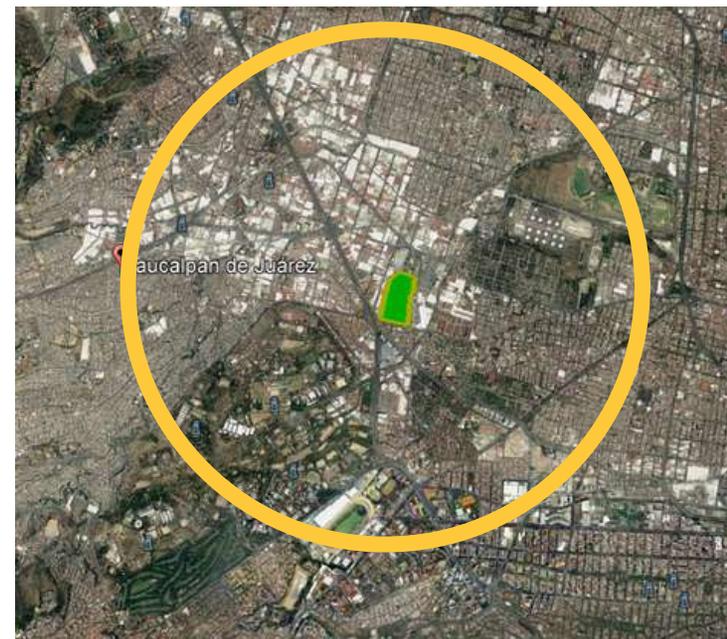


Imagen 107. (2020) Equipamiento urbano cercano al terreno. Elaboración propia.

Se analizó el equipamiento existente relevante para el proyecto en un radio de 3.0 kilómetros, la clasificación del mismo está dividido de acuerdo a las Normas de Equipamiento Urbano de Sedesol, esto con el fin de encontrar equipamientos afines al del proyecto, así como encontrar equipamientos ajenos al nuestro que nos provoquen restricciones. En este caso no encontramos ningún equipamiento ajeno, ni algún otro equipamiento al que podamos perjudicar.

2.4.6.- Uso de suelo.

El usos de suelo acorde al Plan de Desarrollo Urbano del municipio y Distritos Urbanos Áreas Urbanas y en el mapa de específico 8DZI - Zona Industrial marca un **"Equipamiento Especial"** en el predio se encuentra actualmente la Escuela Militar de Transmisiones.

La Escuela Militar de Transmisiones ofrece una carrera: Licenciatura en Tecnologías de la Información, actualmente la escuela se desarrolla en un predio de 172,265.0 metros cuadrados.

Para entender porque el predio esta subutilizado se analizarán la cantidad de alumnos que tuvo la escuela entre el año 1996 al año 2005, de acuerdo a la Ley de Transparencia de la Secretaria de la Defensa Nacional (SEDENA). En la primera fecha, participaron en el proceso de seleccion 2253 aspirantes, mientras que, en el año 2005, únicamente 214, reduciéndose en 10 años un 90.5% la demanda de esta carrera. Para el año de 1996, 203 personas lograron ingresar a la licenciatura, por otra parte, en el año 2005 se incorporaron solo 5 estudiantes, representando una disminución del 97.54% de los estudiantes. Para concluir, en el año 1996 se titularon 76 alumnos, no obstante, en el año 2005 solo se titularon 10, disminuyo el número de alumnos titulados en un 86.84%, y si se compara con el año de 1999, se redujo en un 92.13%. Concluyendo que la demanda y la cantidad de alumnos es mínima para un predio tan grande. Tomando los resultados de los últimos 4 años, la escuela tuvo una ocupación de 85 alumnos, representando 2,026.65 metros cuadrados por alumno.

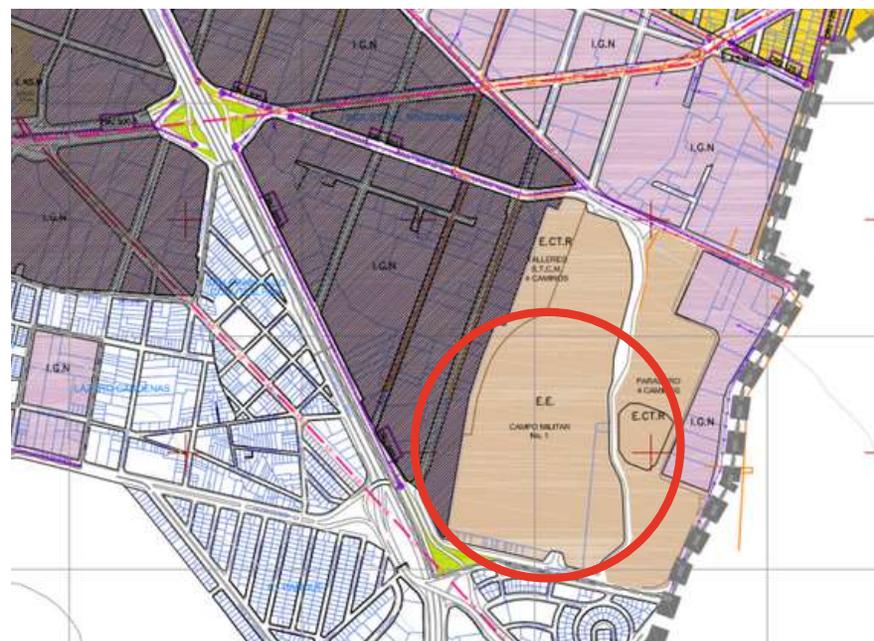


Imagen 108. (2020) Uso del suelo del predio. Recuperado de <https://bit.ly/3bnZxk3>

PLANTEL	AÑO	EFFECTIVO QUE CONCURSO	EFFECTIVO DE INGRESO	PERSONAL QUE EGRESO
ESCUELA MILITAR DE TRANSMISIONES	1995	251	176	76
	1996	2253	203	78
	1997	1585	167	95
	1998	1750	160	123
	1999	484	152	127
	2000	157	15	105
	2001	359	30	104
	2002	532	20	46
	2003	212	10	15
	2004	969	10	15
	2005	214	5	10

Tabla 6.- Alumnos egresado de la Escuela Militar de Transmisiones. Recuperado de: <http://www.sedena.gob.mx/leytrans/petic/2006/junio/01062006b.html>

2.4.6.- Uso de suelo.

Considerando el área necesaria para el proyecto y la normatividad para el uso de suelo específico, se necesitan aproximadamente 135,000 metros cuadrados, área que se piensa comprar a la SEDENA al valor catastral del sitio. Considerando que restarán 37,265.0 metros cuadrados para que siga en operación la base militar, pero no opere como escuela.

Se plantea que la escuela sea trasladada al Campo Militar #1, ubicado a menos de 2.0 kilómetros, por lo que el traslado de equipo y maquinaria será sencillo. Las construcciones actuales serán demolidas y usadas como material de relleno para la obra, concepto que se verá reflejado en el análisis de costos del proyecto.

Considerando los puntos anteriores, a manera de propuesta y como normalmente se hace con este tipo de proyectos se presentará un cambio de uso de suelo, como lo fue en su caso el Estadio BBVA en Monterrey, Nuevo León y el Estadio León en León, Guanajuato. Otro aspecto a considerar es que el actual gobierno municipal hizo la declaración de estar interesados en la construcción de un estadio para el Cruz Azul, después de un análisis determinamos que ese predio es la mejor ubicación para un proyecto de estas características por los puntos tratados de transporte y vías de comunicación.

“Estoy abierta a estudiar la posibilidad de que pueda estar aquí el estadio. Valdría la pena analizar de qué forma quieren construirlo y cómo podría yo facilitarles todo para que así se logre. Conozco perfectamente Naucalpan y hay espacios”, palabras de Patricia Durán, la alcaldesa electa del municipio homónimo. **Nota publicada en varios medios de comunicación desde septiembre de 2018, entre ellos destaca Radio Formula y Futbol Total.**

El periódico "La silla rota" de Guanajuato publicó en su periódico en línea el día 19 de agosto de 2019 "El nuevo Estadio León ya tiene uso de suelo" Recuperado de: <https://guanajuato.lasillarota.com/nuevo-estadio-leon-uso-de-suelo/309655>

Así mismo se hace mención del Estadio de fútbol Monterrey donde la SEMARNAT publica la autorización del cambio de uso de suelo en <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/nl/estudios/2008/19NL2008UD089.pdf>

Concluyendo que los equipamientos de estas características y su relación con el uso de suelo operan de esta manera.

2.4.7.- Ecología y reciclamiento.

Naucalpan es un municipio muy rico en recursos naturales, y su topografía accidentada ha favorecido que casi la mitad de su territorio no se haya urbanizado. Sin embargo, esto no ha detenido el deterioro de los ecosistemas existentes en su territorio, dado que una superficie muy importante de éste ha sido considerablemente deforestada; además de sufrir las consecuencias de la erosión y de experimentar las consecuencias de la contaminación de sus recursos hídricos, suelo y aire. (Plan de desarrollo municipal 2019-2021).



Imagen 109. (2017) Parque Nacional de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/3bmYG2X>

Como resultado de los congestionamientos viales y de la importante participación de la industria en las actividades económicas, las emisiones contaminantes en el municipio de Naucalpan son considerables, e incluso ocupa el 7mo lugar con relación a las emisiones de CO y NOx, y el 8vo en el caso de las emisiones de hidrocarburos. Las emisiones de CO fluctúan entre los 58,500-63,000 kg/día; las de NOx están entre los 2,380-2,550 kg/día y, las de los hidrocarburos entre 5,280-5,720 kg/día (SMA, 2002).

La sustentabilidad del agua pasa por la conservación de sus fuentes, la lluvia, acuíferos, lagos, ríos y los bosques, la energía para manejarla, la agricultura, la ganadería y por tanto por la alimentación, por la urbanización y por la industria. No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a la velocidad que se requiere. (Plan de desarrollo municipal 2019-2021).

La gran mayoría de esta agua residual es vertida sin un tratamiento en los cuerpos receptores, situación que se relega en un muy bajo nivel de cobertura de saneamiento de apenas el 2.0%, el cual se deriva no sólo por la falta de capacidad de tratamiento por el escaso número de plantas de tratamiento, ya que se cuenta con 4 con una capacidad global de 93 l.p.s., sino también por la falta de infraestructura de recolección y alejamiento en colectores marginales y emisores que son los que hacen llegar las aguas residuales a las plantas para su tratamiento.

3.- PROYECTO ARQUITECTÓNICO



3.1.1.- Área de juego.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.1.- Área de juego.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
22.00	AJ-1	Jugadores	Practicar o jugar futbol.	1.00	Terreno de juego	2.00	AJ1-M1	Porterías	-	-
60.00	AJ-2	Arbitros, entrevistadores.	Arbitrar, fotos, entrevistas.	1.00	Área auxiliar	1.00	AJ2-M1	Grama	-	-
80.00	AJ-3	Fotografos.	Tomar fotos.	1.00	Foso de fotografos.	0.00	-	-	-	-
-	AJ-4	Vallas	Anunciar, publicidad.	1.00	Vallas de publicidad.	80.00	AJ4-M1	Vallas	-	Pantallas LED
16.00	AJ-5	Suplentes	Sentarse, caminar.	2.00	Banco de suplentes	14.00	AJ5-M1	Butacas	-	-
						2.00	AJ5-M2	A. entrenador.	-	-
-	AJ-6	Foso	Proteger a los jugadores.	1.00	Foso de proteccion.	1.00	AJ6-M1	Foso	-	-

Tabla 7. Programa de necesidades, área de juego. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.- Área de espectadores.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.2.- Área de espectadores.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
40000.00	AE-1	Espectador	Expectar.	1.00	Graderio	45000.00	AE1-M1	Butacas	-	-
3000.00	AE-2	Sanitarios	Necesidades fisiologicas, aseo.	24.00	Sanitarios	48.00	AE2-M1	Inodoro	-	-
						24.00	AE2-M2	Mingitorio	-	-
						24.00	AE2-M3	Lavamanos	-	-
2.00	AE-3	Vendedor / Control de ingreso	Vender boletos.	30.00	Taquillas	1.00	AE3-M1	Escritorio	-	-
						1.00	AE3-M2	Silla	-	-
						1.00	AE3-M3	Modular	-	-
10.00	AE-4	Vendedor	Vender souvenirs.	20.00	Local de Souvenirs	1.00	AE4-M1	Mostador	-	-
						1.00	AE4-M2	Bancos	-	-
						3.00	AE4-M3	Modular	-	-
10.00	AE-5	Vendedor	Vender alimentos y bebidas	160.00	Local de Snacks	1.00	AE5-M1	Mostador	-	-
						2.00	AE5-M2	Bancos	-	-
						2.00	AE5-M3	-	-	Refrigerador
24.00	AE-6	Atención	Atender aficionados	2.00	Clinica	24.00	AE6-M1	Sillas	-	-
						4.00	AE6-M2	Modulares	-	-
						1.00	AE6-M3	Escritorio	-	-
						2.00	AE6-M4	Camilla	-	-
						1.00	AE6-M5	Lavamanos	-	-
						1.00	AE6-M6	Inodoro	-	-

Tabla 8. Programa de necesidades, área de espectadores. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.- Área de espectadores.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.2.- Área de espectadores.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
4.00	AE-7	Espectador	Expectar.	80.00	Graderio VIP	320.00	AE7-M1	Butacas	-	-
4.00	AE-8	Sanitarios	Necesidades fisiologicas, aseo.	80.00	Sanitarios	10.00	AE8-M1	Inodoro	-	-
						4.00	AE8-M2	Mingitorio	-	-
						12.00	AE8-M3	Lavamanos	-	-
4.00	AE-9	-	Platicar, comer, beber.	80.00	Sala VIP	1.00	AE8-M1	Barra	-	-
						20.00	AE8-M2	Bancos	-	-
						80.00	AE8-M3	Sillones	-	Aire Acondicionado
						6.00	AE8-M4	Jardineras	-	-
2.00	AE-10	-	Servir y preparar comida	20.00	Servicio de meseros	2.00	AE8-M1	Refrigeradores	-	-
						4.00	AE8-M2	Modulares	-	-
1.00	AE-11	-	Almacenar	80.00	Bodega	2.00	AE8-M1	Estantes	-	-

Tabla 8. Programa de necesidades, área de espectadores. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.- Área privada.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.3.- Área privada.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
24.00	AP-1	-	Vestirse, ducharse, relajarse.	4.00	Vestidores	24.00	AP1-M1	Area de vestir	-	-
						24.00	AP1-M2	Lockers	-	-
						6.00	AP1-M3	Lavamanos	-	-
						3.00	AP1-M4	Inodoro	-	-
						2.00	AP1-M5	Mingitorio	-	-
						10.00	AP1-M6	Duchas	-	-
						3.00	AP1-M7	Camilla	-	-
4.00	AP-2	-	Atencion a deportistas, control de dopaje.	1.00	Clinica	24.00	AP2-M1	Sillas	-	-
						4.00	AP2-M2	Modulares	-	-
						1.00	AP2-M3	Escritorio	-	-
						2.00	AP2-M4	Camilla	-	-
						1.00	AP2-M5	Lavamanos	-	-
						1.00	AP2-M6	Inodoro	-	-
4.00	AP-3	Arbitro	Cambiar ropa, ducharse.	2.00	Área de arbitros.	4.00	AP3-M1	Area de vestir	-	-
						4.00	AP3-M2	Lockers	-	-
						6.00	AP3-M3	Lavamanos	-	-
						3.00	AP3-M4	Inodoro	-	-
						10.00	AP3-M5	Duchas	-	-

Tabla 9. Programa de necesidades, área privada. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.- Área privada.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.3.- Área privada.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
5.00	AP-4	Entrenador	Vestirse, dialogar, estrategias	2.00	Área del entrenador	2.00	AP4-M1	Mesa	-	-
						5.00	AP4-M2	Lockers	-	-
						1.00	AP4-M3	Lavamanos	-	-
						1.00	AP4-M4	Inodoro	-	-
						1.00	AP4-M5	Duchas	-	-
						8.00	AP4-M6	Sillas	-	-
10.00	AP-5	Recoge balones	Cambiar ropa, ducharse.	1.00	Área de recoge balones	6.00	AP5-M1	Area de vestir	-	-
						5.00	AP5-M2	Lockers	-	-
						1.00	AP5-M3	Lavamanos	-	-
						1.00	AP5-M4	Inodoro	-	-
						1.00	AP5-M5	Duchas	-	-
8.00	AP-6	-	Cambiar ropa, ducharse.	2.00	Vestidores de otros eventos	8.00	AP6-M1	Area de vestir	-	-
						3.00	AP6-M2	Tocador	-	-
						2.00	AP6-M3	Lavamanos	-	-
						1.00	AP6-M4	Inodoro	-	-
						1.00	AP6-M5	Mingitorio	-	-
						1.00	AP6-M6	Duchas	-	-
						1.00	AP6-M7	Área de ensayi	-	-

Tabla 9. Programa de necesidades, área privada. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.- Área pública.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.4.- Área pública.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
24.00	APU-1	-	Parada de buses.	1.00	Autobuses urbanos	8.00	APU1-M1	Microbuses	-	-
						2.00	APU1-M2	Maniobra	-	-
48.00	APU-2	-	Parada de buses.	1.00	Autobuses	24.00	APU2-M1	Microbuses	-	-
						4.00	APU2-M2	Maniobra	-	-
40.00	APU-3	-	Estacionar taxis y recoger personas	1.00	Taxis	40.00	APU3-M1	Taxis	-	-
						2.00	APU3-M2	Maniobra	-	-
80.00	APU-4	-	Estacionamientos de vehiculos auxiliares	1.00	Áreas auxiliares	80.00	APU4-M1	Taxis	-	-
						10.00	APU4-M2	Maniobra	-	-
46.00	APU-5	-	Estacionamiento de los medios de comunicación	1.00	Medios de comunicación	40.00	APU5-M0	Carros	-	-
						3.00	APU5-M1	Camioneta	-	-
						3.00	APU5-M2	Maniobra	-	-
40.00	APU-6	-	Estacionamientos de las autoridades	1.00	Autoridades	40.00	APU6-M1	Carros	-	-
						2.00	APU6-M2	Maniobra	-	-
120.00	APU-7	-	Estacionamiento para espectadores de los palcos.	1.00	Espectadores Palcos	120.00	APU7-M1	Carros	-	-
						2.00	APU6-M2	Maniobra	-	-
600.00	APU-8	-	Estacionamiento para espectadores.	1.00	Espectadores	600.00	APU8-M1	Carros	-	-
						18.00	APU8-M2	Maniobra	-	-
24.00	APU-9	-	Estacionamiento para jugadores.	1.00	Jugadores	24.00	APU9-M1	Carros	-	-
						4.00	APU9-M2	Autobuses	-	-
						2.00	APU9-M2	Maniobra	-	-
-	APU-10	-	Estacionamiento para espectadores.	10.00	Circulaciones exteriores	8.00	AP10-M1	Bancas	-	-
-	APU-11	-	Estacionamiento para espectadores.	2.00	Plaza de acceso	-	-	-	-	-
-	APU-12	-	Estacionamiento para espectadores.	20.00	Jardines	8.00	AP12-M1	Bancas	-	-
-	APU-13	-	Estacionamiento para espectadores.	30.00	Áreas verdes	-	-	-	-	-

Tabla 10. Programa de necesidades, área pública. Fuente: Elaboración propia.

3.1.5.- Área de medios.

PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.5.- Área de medios.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
60.00	AM-1	-	Entrevistar a jugadores o equipo tecnico.	1.00	Entrevistas	4.00	AM1-M1	Área	-	-
40.00	AM-2	-	Entrevistas masivas, conferencias	2.00	Sala de Prensa	5.00	AM2-M1	Sillones	-	Aire Acondicionado
						1.00	AM2-M2	Mesas	-	-
						35.00	AM2-M3	Sillas	-	-
30.00	AM-3	-	Correo electronico, redactar	1.00	Sala de Periodistas	25.00	AM3-M1	Sillas	-	Aire Acondicionado
						1.00	AM3-M2	Mesas	PC	-
						2.00	AM3-M3	W.C	-	-
20.00	AM-4	-	Descargar fotos, revelas instantaneas	1.00	Sala de Fotografos	15.00	AM4-M1	Sillas	-	Aire Acondicionado
						1.00	AM4-M2	Mesas	PC	-
						2.00	AM4-M3	W.C	-	-
2.00	AM-5	-	Descargar fotos, revelas instantaneas	10.00	Cabina de Transmision	2.00	AM5-M1	Sillas	-	Aire Acondicionado
						1.00	AM5-M2	Mesa de transmision	PC	-

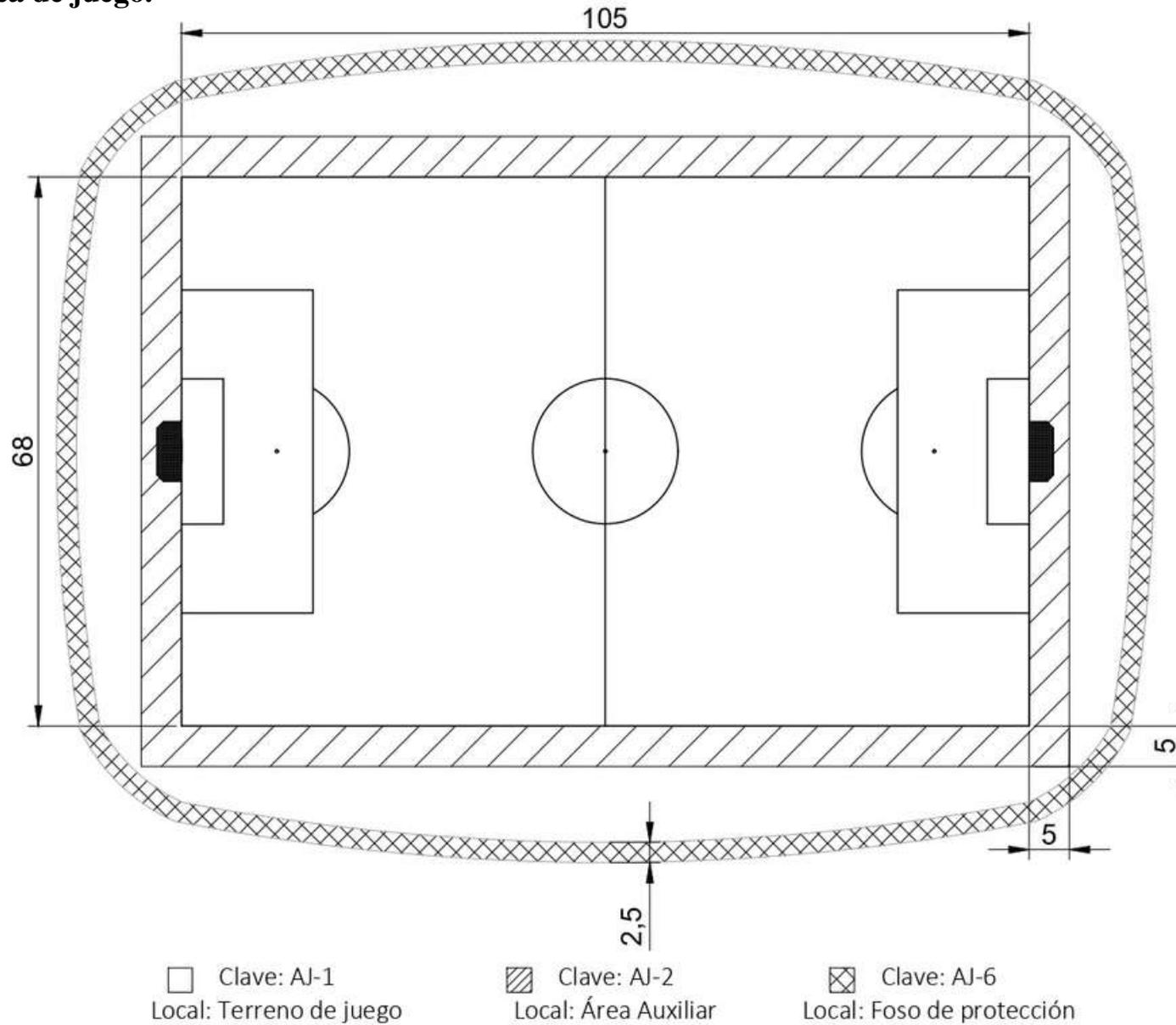
Tabla 11. Programa de necesidades, área de medios. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.- Área administrativa.

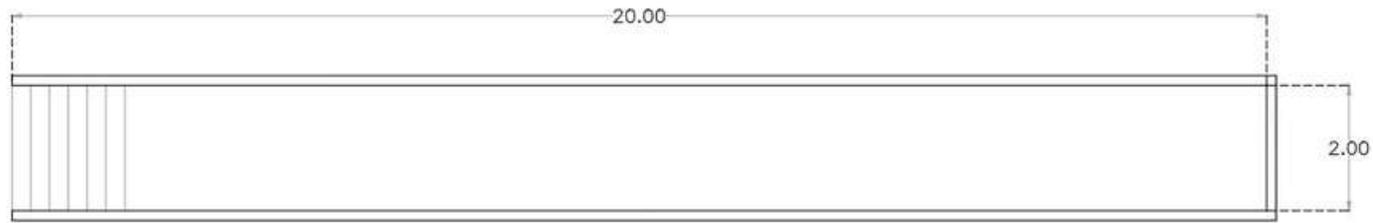
PROGRAMA DE NECESIDADES										
3.1.6.- Área administrativa.										
No. de usuarios.	Clave	Área o puesto	Funciones	No. de locales.	Espacio	No. de muebles	Clave	Mobiliario	Equipo	Equipo Especial
11.00	AA-1	-	Esperar	1.00	Sala de espera	1.00	AA1-M1	Mesa de centro	-	Aire acondicionado
						3.00	AA1-M2	Sillones	-	Aire acondicionado
2.00	AA-2	Secretaria	Recibir personas, organizar información.	2.00	Secretaria	6.00	AA2-M1	Silla	-	Aire acondicionado
						2.00	AA2-M2	Escritorio	PC	Aire acondicionado
						2.00	AA2-M3	Archivo	-	-
						2.00	AA2-M4	Modulares	-	-
1.00	AA-3	Administrador	Administrar el estadio, recibir peronas.	1.00	Oficina del administrador	3.00	AA3-M1	Silla	-	Aire acondicionado
						1.00	AA3-M2	Escritorio	PC	Aire acondicionado
						2.00	AA3-M3	Archivo	-	-
						1.00	AA3-M4	Librera	-	-
1.00	AA-4	Presidente del equipo.	Administrar el estadio, recibir peronas.	1.00	Oficina del presidente	3.00	AA4-M1	Silla	-	Aire acondicionado
						1.00	AA4-M2	Escritorio	PC	Aire acondicionado
						2.00	AA4-M3	Archivo	-	-
						1.00	AA4-M4	Librera	-	-
1.00	AA-5	-	Guardar / Archivar	1.00	Bodega	3.00	AA5-M1	Estante	-	-
12.00	AA-6	-	Reuniones y juntas.	1.00	Sala de juntas	12.00	AA6-M1	Sillas	-	Aire acondicionado
						1.00	AA6-M2	Escritorio	-	-
						1.00	AA6-M3	-	Proyector	-
						2.00	AA6-M4	Librera	-	-
2.00	AA-7	-	Guardar / Archivar	2.00	Sanitarios	2.00	AA7-M1	Inodoro	-	-
						2.00	AA7-M2	Mingitorio	-	-
						2.00	AA7-M3	Lavamanos	-	-
5.00	AA-8	-	Calentar, lunch	1.00	Cocineta	5.00	AA8-M1	Silla	-	-
						1.00	AA8-M2	Mesa	Extractor	-
						1.00	AA8-M3	Modular	-	-

Tabla 12. Programa de necesidades, área administrativa. Fuente: Elaboración propia.

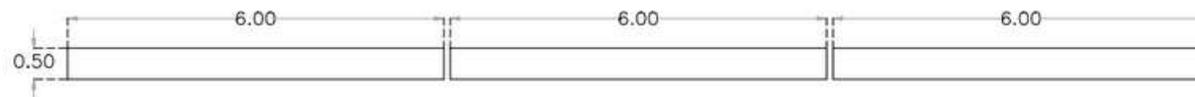
3.3.1.- Área de juego.



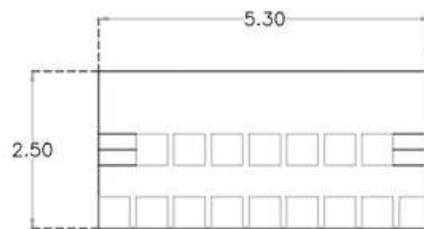
3.3.1.- Área de juego.



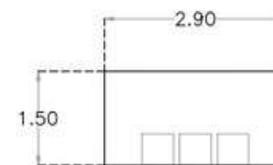
Clave: AJ-3
Local: Foso de fotografías.



Clave: AJ-4
Local: Valla publicitaria

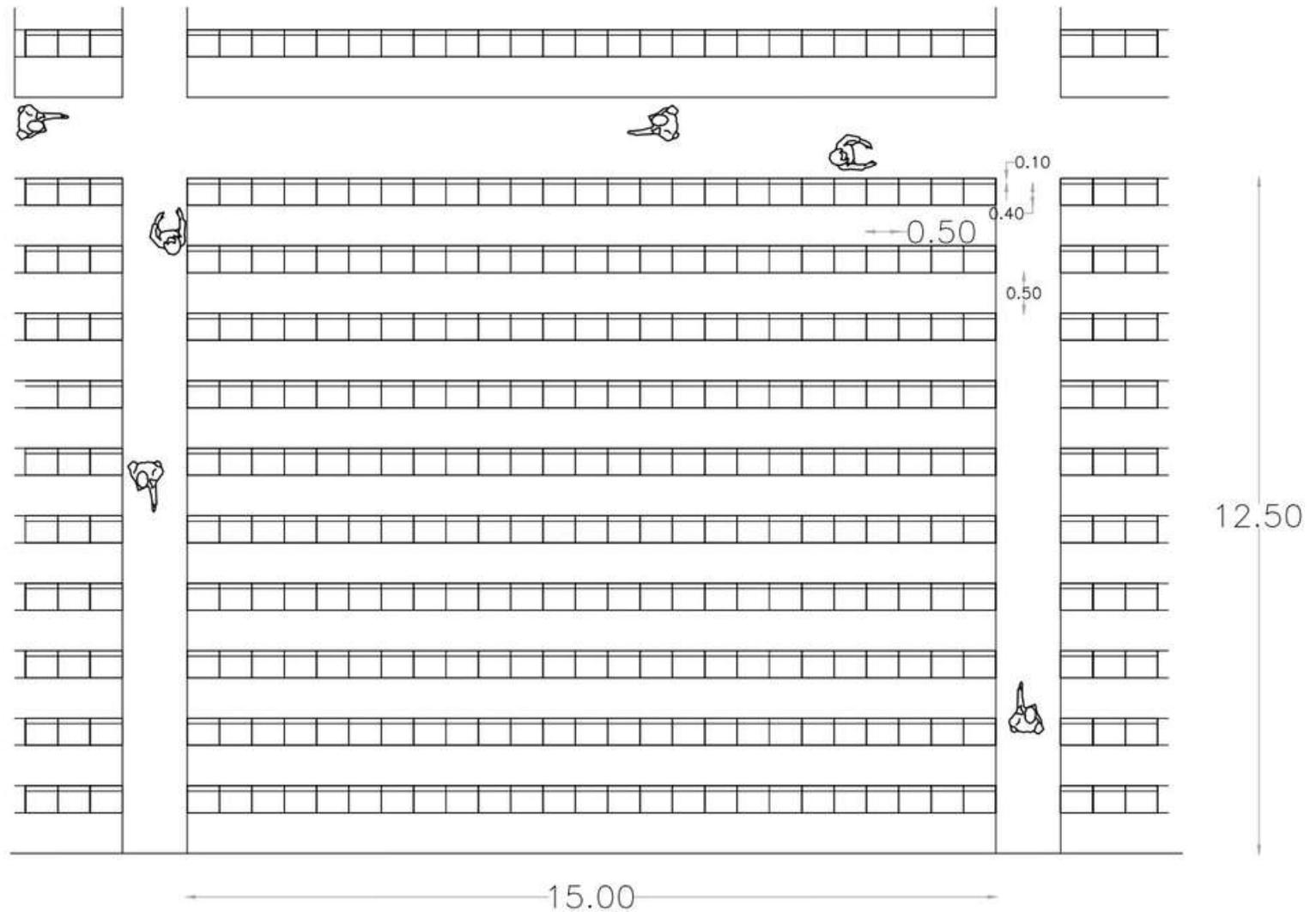


Clave: AJ-5
Local: Banca de suplentes.



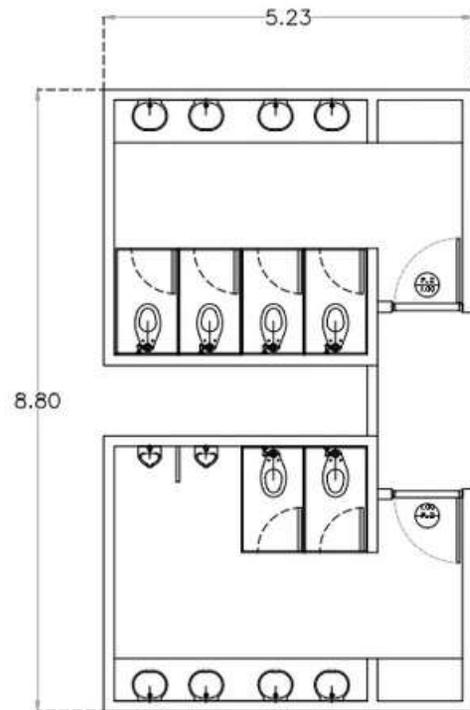
Clave: AJ-5
Local: Área del entrenador.

3.3.2.- Área de espectadores.

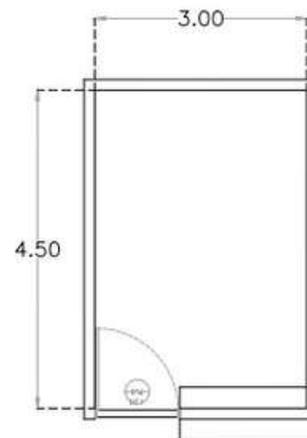


Clave: AE-1
Local: Graderio

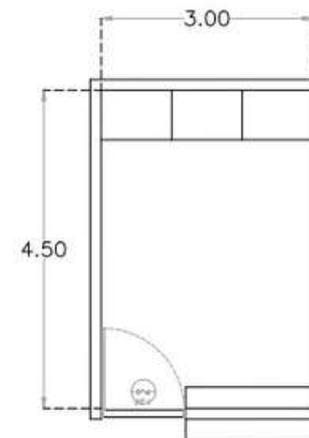
3.3.2.- Área de espectadores.



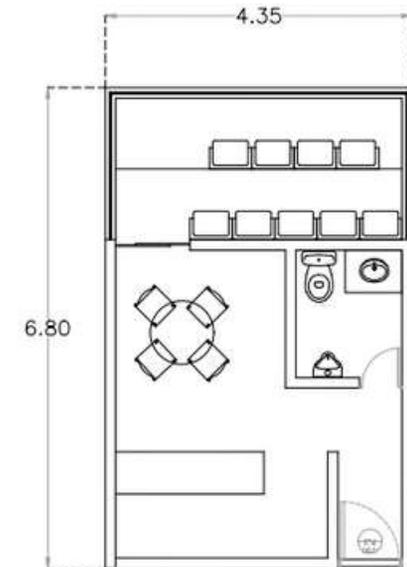
Clave: AE-2
Local: Sanitarios



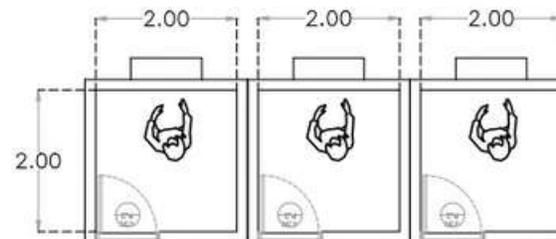
Clave: AE-4
Local: Souvenirs



Clave: AE-5
Local: Snacks

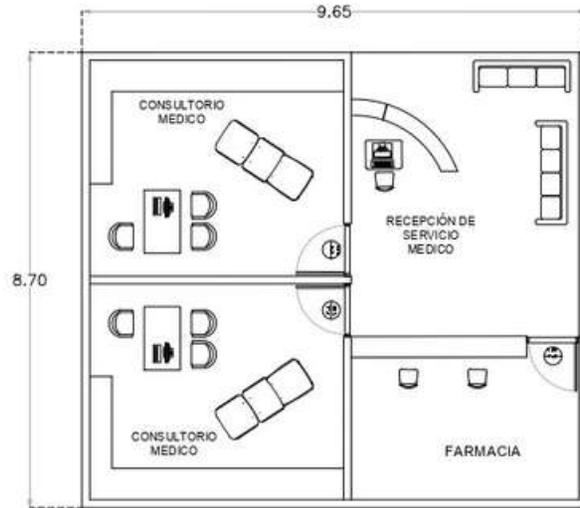


Clave: AE-7-11
Local: Palcos

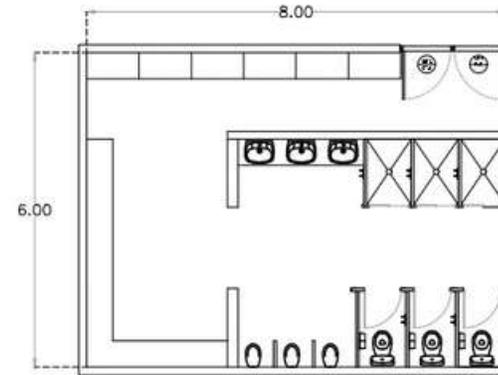


Clave: AE-3
Local: Taquillas

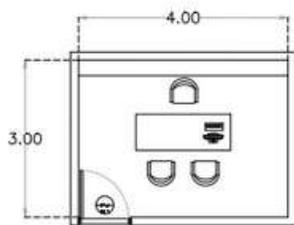
3.3.3.- Área privada.



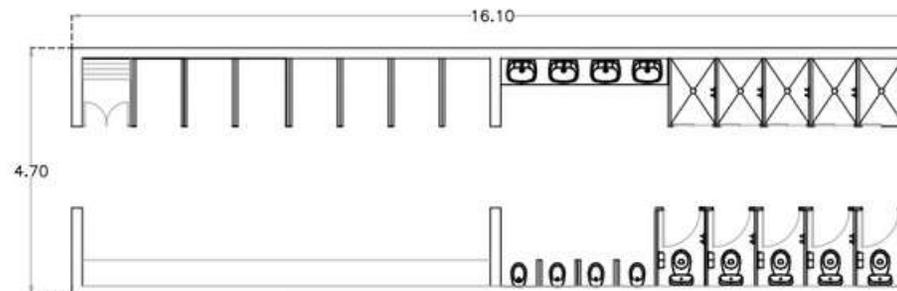
Clave: AE-6
Local: Clínica



Clave: AP-3
Local: Área de entrenadores

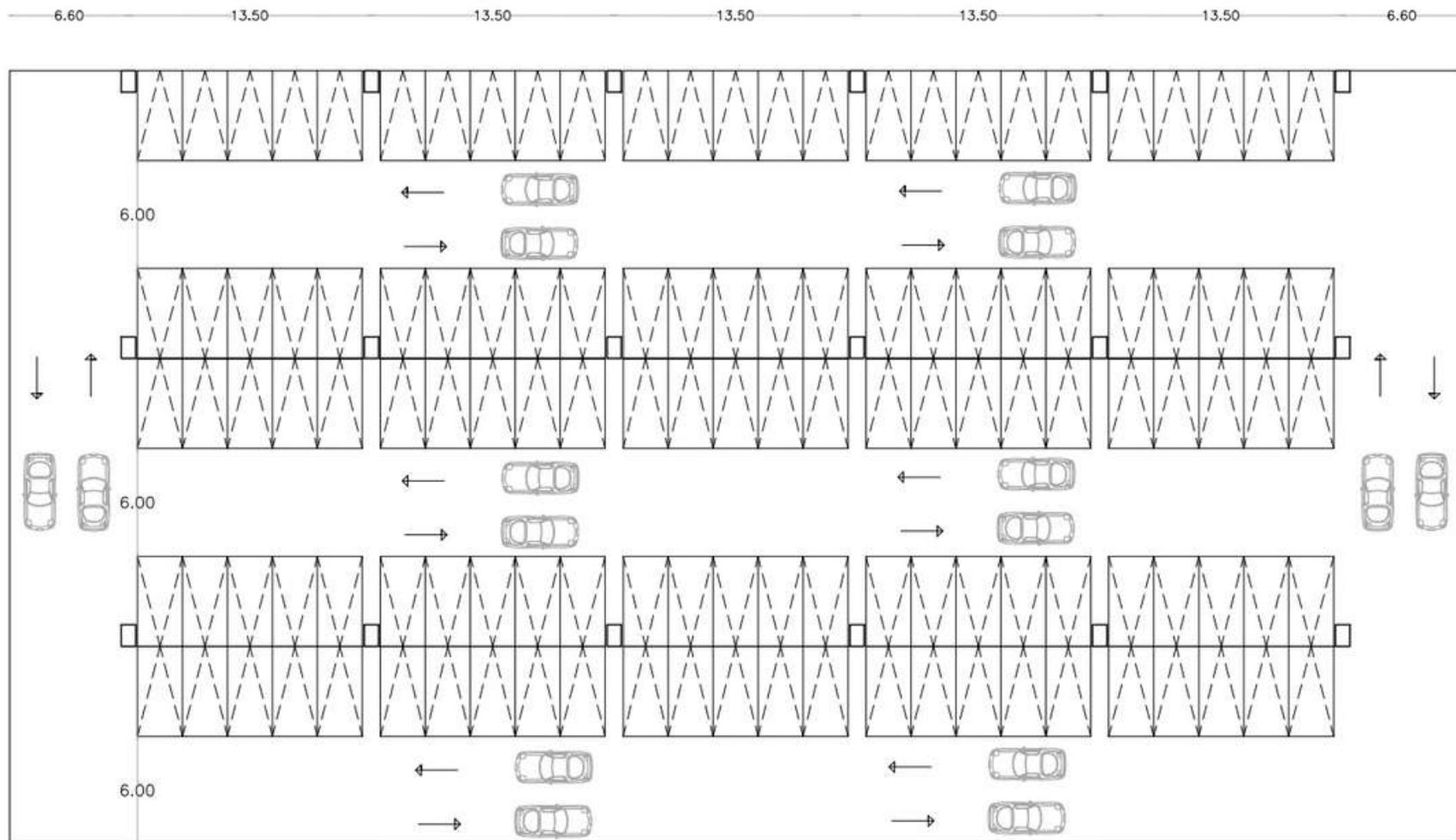


Clave: AP-4
Local: Oficina entrenador



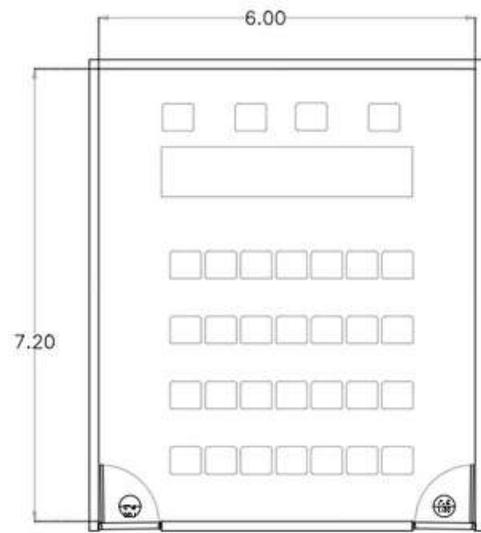
Clave: AP-1
Local: Vestidores

3.3.4.- Área pública.

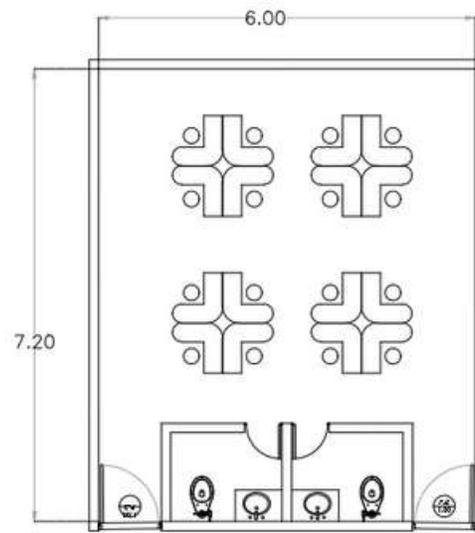


Clave: APU
Local: Estacionamiento tipo

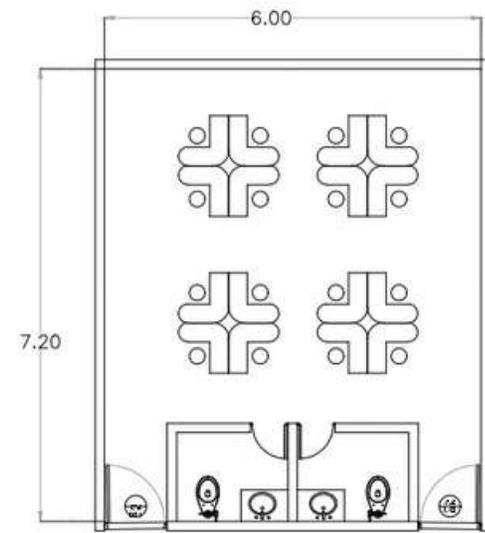
3.3.5.- Área de medios.



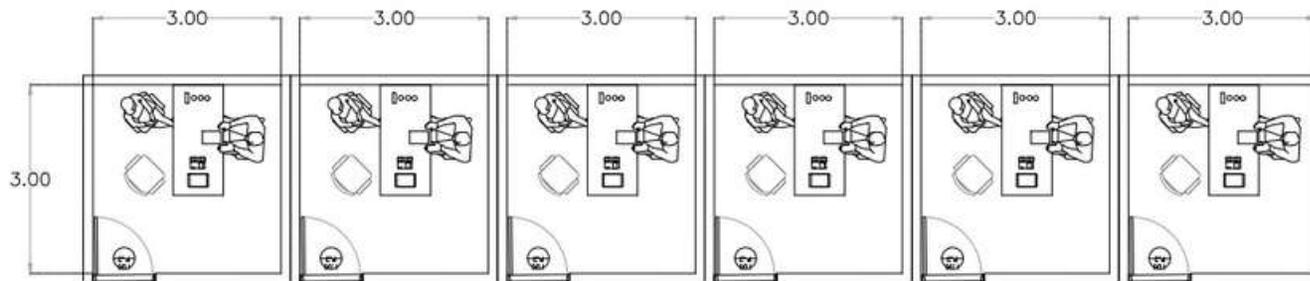
Clave: AM-2
Local: Sala de prensa



Clave: AM-3
Local: Sala de periodistas

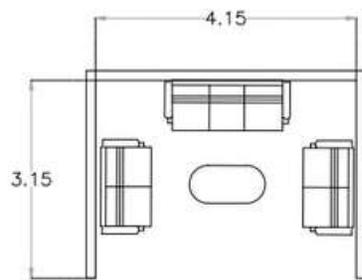


Clave: AM-4
Local: Sala de fotógrafos.

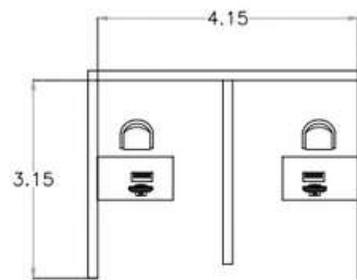


Clave: AM-6
Local: Cabinas de transmisión

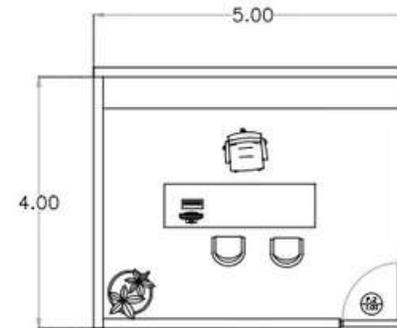
3.3.6.- Área administrativa.



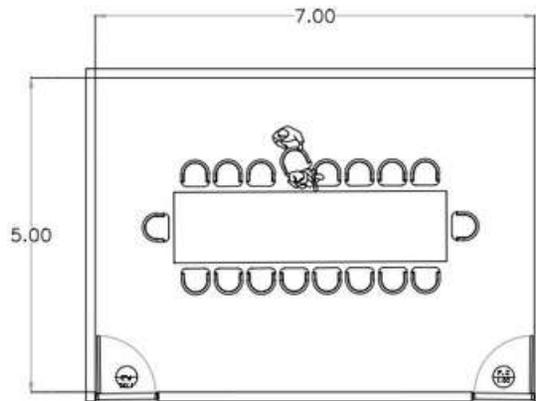
Clave: AA-1
Local: Sala de espera



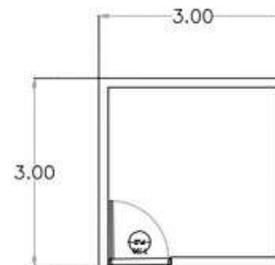
Clave: AA-2
Local: Secretarias



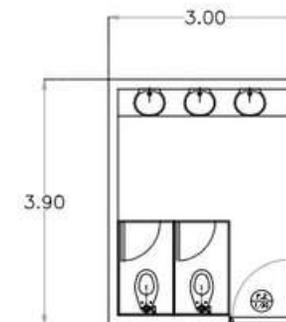
Clave: AA-3-4
Local: Oficina
Administrador/Oficina
Presidente



Clave: AA-6
Local: Sala de juntas



Clave: AA-5
Local: Bodega



Clave: AA-7
Local: Sanitarios

3.3.1.- Área de juego.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.1.- Área de juego.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	No. de locales	Subtotal (m2)	Circulación (20%)	Total (m2)
AJ-1	Terreno de juego	0.00	68.00	105.00	7140.00	0.00	1.00	7140.00	0.00	7140.00
AJ-2	Área auxiliar	0.00	5.00	346.00	1730.00	0.00	1.00	1730.00	0.00	1730.00
AJ-3	Foso de fotografos.	0.00	2.00	20.00	40.00	0.00	4.00	160.00	0.00	160.00
AJ-4	Vallas de publicidad.	0.00	0.50	6.00	3.00	0.00	80.00	240.00	0.00	240.00
AJ-5	Banco de suplentes	2.50	0.50	0.50	0.25	0.63	14.00	3.50	3.50	7.00
	Área del entrenador	2.50	2.00	6.00	12.00	30.00	2.00	24.00	0.00	24.00
AJ-6	Foso de proteccion.	3.00	2.50	346.00	865.00	2595.00	1.00	865.00	0.00	865.00
Tabla 13. Programa arquitectónico, área de juego. Fuente: Elaboración propia.									Total del área=	10166.00

3.3.2.- Área de espectadores.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.2.- Área de espectadores.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	No. de locales	Subtotal (m2)	Circulación (20%)	Total (m2)
AE-1	Graderio	0.00	0.50	0.50	0.25	0.00	40000.00	10000.00	10000.00	20000.00
AE-2	Sanitarios	3.00	8.00	5.00	40.00	120.00	24.00	960.00	192.00	1152.00
AE-3	Taquillas	3.00	2.00	2.00	4.00	12.00	30.00	120.00	24.00	144.00
AE-4	Local de Souvenirs	3.00	4.50	3.00	13.50	40.50	20.00	270.00	54.00	324.00
AE-5	Local de Snacks	3.00	4.50	2.50	11.25	33.75	150.00	1687.50	337.50	2025.00
AE-6	Clinica	3.00	8.00	6.00	48.00	144.00	2.00	96.00	19.20	115.20
AE-7	Gradas VIP	0.00	346.00	2.00	692.00	0.00	1.00	692.00	138.40	830.40
AE-8	Sanitarios	3.00	3.50	2.00	7.00	21.00	80.00	560.00	112.00	672.00
AE-9	Sala VIP	3.00	6.00	5.00	30.00	90.00	80.00	2400.00	480.00	2880.00
AE-10	Servicio de meseros	3.00	5.00	5.00	25.00	75.00	20.00	500.00	100.00	600.00
AE-11	Bodega	3.00	3.00	2.00	6.00	18.00	80.00	480.00	96.00	576.00
Tabla 14. Programa arquitectónico, área de espectadores. Fuente: Elaboración propia.									Total del área=	29318.60

3.3.3.- Área privada.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.3.- Área privada.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	No. de locales	Subtotal (m2)	Circulación (20%)	Total (m2)
AP-1	Vestidores	3.00	12.00	12.00	144.00	432.00	4.00	576.00	115.20	691.20
AP-2	Clinica	3.00	8.00	6.00	48.00	144.00	1.00	48.00	9.60	57.60
AP-3	Área de arbitros	3.00	8.00	6.00	48.00	144.00	2.00	96.00	19.20	115.20
AP-4	Área del entrenador	3.00	3.00	4.00	12.00	36.00	2.00	24.00	4.80	28.80
AP-5	Área de los recogebalones	3.00	5.00	5.00	25.00	75.00	1.00	25.00	5.00	30.00
AP-6	Vestidores de otros eventos.	3.00	12.00	9.00	108.00	324.00	2.00	216.00	43.20	259.20
Tabla 15. Programa arquitectónico, área privada. Fuente: Elaboración propia.									Total del área=	1182.00

3.3.4.- Área pública.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.4.- Área pública.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	No. de locales	Subtotal (m2)	Circulación (20%)	Total (m2)
APU-1	Autobuses urbanos	0.00	24.00	16.00	384.00	0.00	1.00	384.00	76.80	460.80
APU-2	Autobuses	0.00	72.00	24.00	1728.00	0.00	1.00	1728.00	345.60	2073.60
APU-3	Taxis	0.00	48.00	24.00	1152.00	0.00	1.00	1152.00	230.40	1382.40
APU-4	Áreas auxiliares	0.00	72.00	36.00	2592.00	0.00	1.00	2592.00	518.40	3110.40
APU-5	Estacionamiento de los medios de comunicación.	0.00	60.00	24.00	1440.00	0.00	1.00	1440.00	288.00	1728.00
APU-6	Autoridades	0.00	48.00	24.00	1152.00	0.00	1.00	1152.00	230.40	1382.40
APU-7	Espectadores - Palcos	0.00	72.00	48.00	3456.00	0.00	1.00	3456.00	864.00	4320.00
APU-8	Espectadores	0.00	144.00	144.00	20736.00	0.00	1.00	20736.00	4147.20	24883.20
APU-9	Jugadores	0.00	32.00	24.00	768.00	0.00	1.00	768.00	153.60	921.60
APU-10	Circulaciones exteriores	0.00	80.00	4.00	320.00	0.00	10.00	3200.00	640.00	3840.00
APU-11	Plaza de acceso	0.00	48.00	24.00	1152.00	0.00	2.00	2304.00	460.80	2764.80
APU-12	Jardines	0.00	24.00	6.00	144.00	0.00	20.00	2880.00	576.00	3456.00
APU-13	Area Verde	0.00	24.00	6.00	144.00	0.00	30.00	4320.00	864.00	5184.00
Tabla 16. Programa arquitectónico, área pública. Fuente: Elaboración propia.									Total del área=	46867.20

3.3.5.- Área de medios.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.5.- Área de medios.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	No. de locales	Subtotal (m ²)	Circulación (20%)	Total (m ²)
AM-1	Entrevistas	3.50	30.00	24.00	720.00	2520.00	1.00	720.00	144.00	864.00
AM-2	Sala de Prensa	3.50	6.00	6.00	36.00	126.00	2.00	72.00	14.40	86.40
AM-3	Sala de Periodistas	3.50	6.00	6.00	36.00	126.00	1.00	36.00	7.20	43.20
AM-4	Sala de Fotografos	3.50	6.00	6.00	36.00	126.00	1.00	36.00	7.20	43.20
AM-5	Cabina de transmision	3.50	3.00	3.00	9.00	31.50	10.00	90.00	18.00	108.00
									Total del área=	1144.80

Tabla 17. Programa arquitectónico, área de medios Fuente: Elaboración propia.

3.3.6.- Área administrativa.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO										
3.3.6.- Área administrativa.										
Clave	Local	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	No. de locales	Subtotal (m ²)	Circulación (20%)	Total (m ²)
AA-1	Sala de espera	2.40	4.00	3.00	12.00	28.80	1.00	12.00	2.40	14.40
AA-2	Secretarias	2.40	3.00	4.00	12.00	28.80	2.00	24.00	4.80	28.80
AA-3	Oficina del administrador	2.40	4.00	5.00	20.00	48.00	1.00	20.00	4.00	24.00
AA-4	Oficina del presidente	2.40	4.00	5.00	20.00	48.00	1.00	20.00	4.00	24.00
AA-5	Bodega	2.40	3.00	3.00	9.00	21.60	1.00	9.00	1.80	10.80
AA-6	Sala de juntas	2.40	7.00	5.00	35.00	84.00	1.00	35.00	7.00	42.00
AA-7	Sanitarios	3.00	7.00	4.00	28.00	84.00	1.00	28.00	5.60	33.60
AA-8	Cocineta	3.00	4.00	2.50	10.00	30.00	1.00	10.00	2.00	12.00
									Total del área=	189.60

Tabla 18. Programa arquitectónico, área administrativa. Fuente: Elaboración propia.

3.3.7.- Sumatoria de áreas.

Áreas del proyecto		
Espacio	Área (m2)	Porcentaje
3.1.1.- Área de juego	10,166.00 m2	11.44%
3.1.2.- Área de espectadores.	29,318.60 m2	32.99%
3.1.3.- Área privada.	1,182.00 m2	1.33%
3.1.4.- Área de pública.	46,867.20 m2	52.73%
3.1.5.- Área de medios.	1,144.80 m2	1.28%
3.1.6.- Área administrativa.	189.60 m2	0.21%
Área total :	88,868.20 m2	100.00%
Área del terreno :	135,000.00 m2	

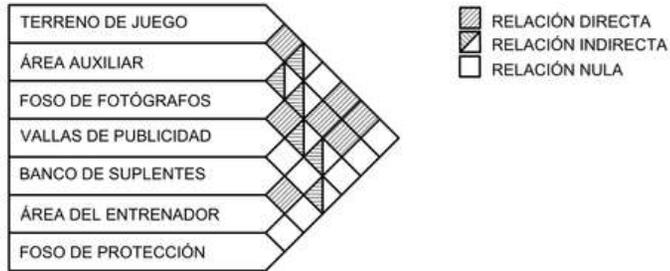
Tabla 19. Sumatoria de áreas. Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.- Árbol de sistema.

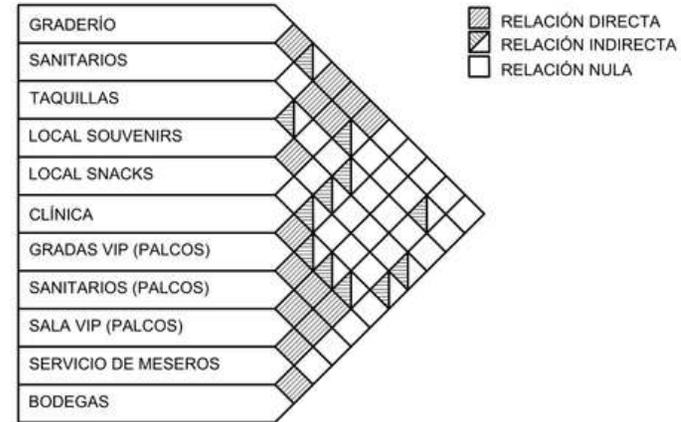


3.4.2.- Matriz de relación.

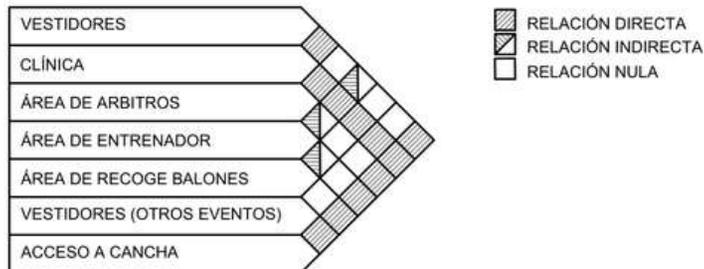
3.4.2.1.- ÁREA DE JUEGO



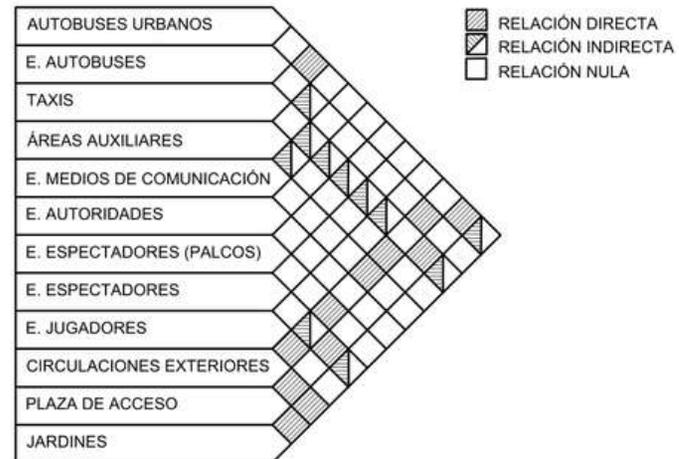
3.4.2.2.- ÁREA DE ESPECTADORES



3.4.2.3.- ÁREA PRIVADA

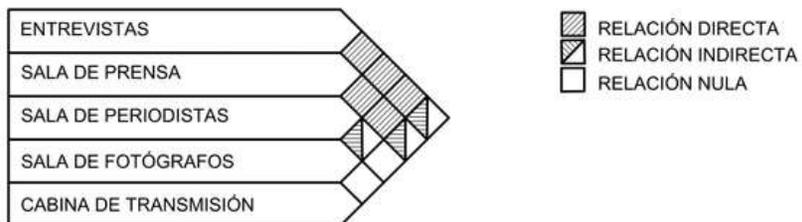


3.4.2.4.- ÁREA PÚBLICA

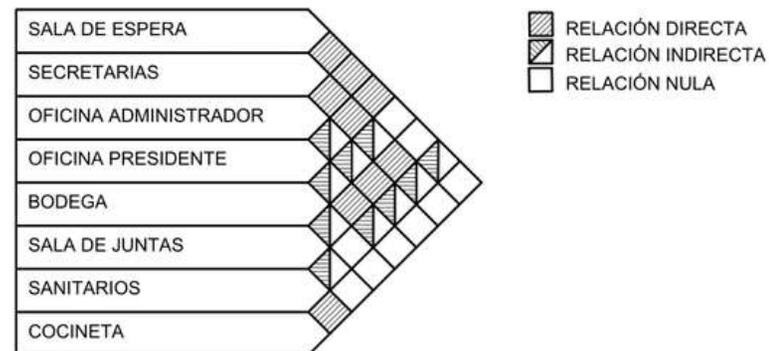


3.4.2.- Matriz de relación.

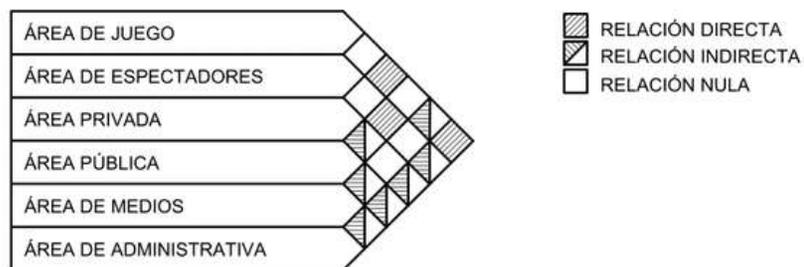
3.4.2.5.- ÁREA DE MEDIOS



3.4.2.6.- ÁREA ADMINISTRATIVA



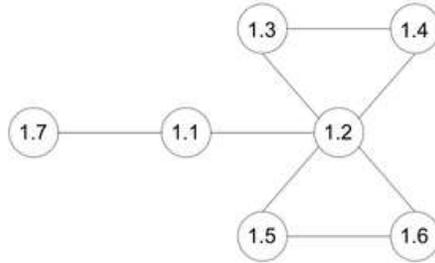
3.4.2.7.- MATRIZ GENERAL



3.4.3.- Diagrama de funcionamiento

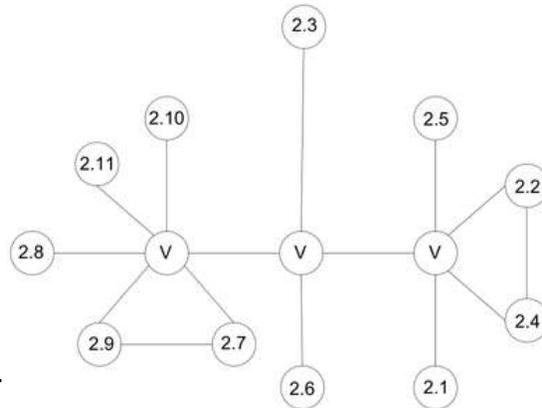
3.4.3.1- Área de juego.

- 1.1.- Terreno de juego.
- 1.2.- Área auxiliar.
- 1.3.- Foso de fotógrafos.
- 1.4.- Vallas de publicidad.
- 1.5.- Banco de suplentes.
- 1.6.- Área del entrenador.
- 1.7.- Foso de protección.



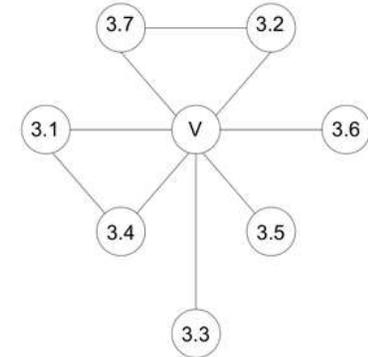
3.4.3.2- Área de espectadores.

- 2.1.- Graderío.
 - 2.2.- Sanitarios.
 - 2.3.- Taquillas.
 - 2.4.- Local Souvenirs.
 - 2.5.- Local de Snacks.
 - 2.6.- Clínica.
 - 2.7.- Gradas VIP (Palcos).
 - 2.8.- Sanitarios (Palcos).
 - 2.9.- Sala VIP (Palcos).
 - 2.10.- Servicio de meseros.
 - 2.11.- Bodega.
- V .- Vestíbulo**



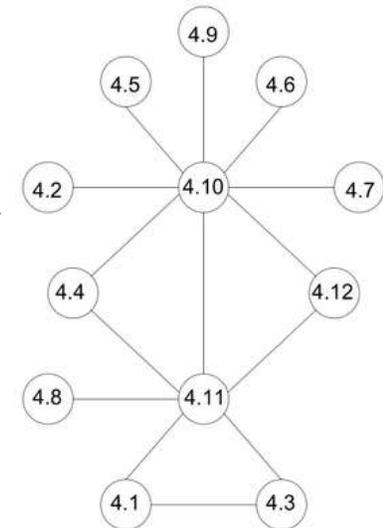
3.4.3.3- Área privada.

- 3.1.- Vestidores.
 - 3.2.- Clínica.
 - 3.3.- Área de árbitros..
 - 3.4.- Área del entrenador.
 - 3.5.- Área del recoge balones.
 - 3.6.- Vestidores (Otros eventos).
 - 3.7.- Acceso a la cancha.
- V .- Vestíbulo**



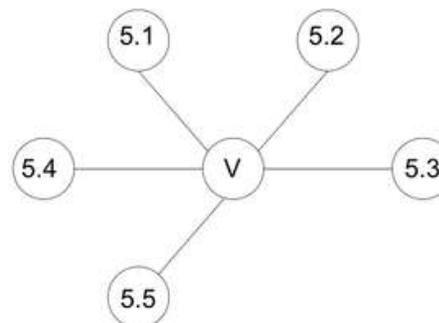
3.4.3.4- Área pública.

- 4.1.- Autobuses urbanos.
- 4.2.- Estacionamiento Autobuses.
- 4.3.- Taxis.
- 4.4.- Áreas Auxiliares.
- 4.5.- E. Medios de Comunicación.
- 4.6.- E. Autoridades.
- 4.7.- E. Espectadores (Palcos).
- 4.8.- E. Espectadores.
- 4.9.- E. Jugadores.
- 4.10.- Circulaciones exteriores.
- 4.11.- Placa de Acceso.
- 4.12.- Jardines.

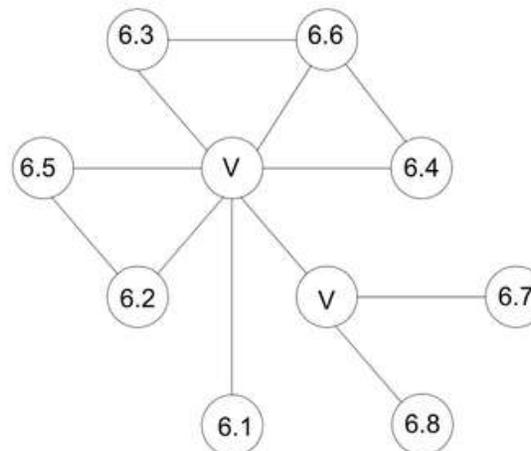


3.4.3.- Diagrama de funcionamiento**3.4.3.5- Área de medios.**

- 5.1.- Terreno de juego.
- 5.2.- Área auxiliar.
- 5.3.- Foso de fotografías.
- 5.4.- Vallas de publicidad.
- 5.5.- Banco de suplentes.
- V .- Vestíbulo.

**3.4.3.6- Área administrativa.**

- 6.1.- Sala de espera.
- 6.2.- Secretarías.
- 6.3.- Oficina Administrador.
- 6.4.- Oficina Presidente.
- 6.5.- Bodega.
- 6.6.- Sala de juntas.
- 6.7.- Sanitarios.
- 6.8.- Cocineta.
- V .- Vestíbulo



3.4.3.- Diagrama de funcionamiento

3.4.3.7- Diagrama de funcionamiento general.

Área de juego.

- 1.1.- Terreno de juego.
- 1.2.- Área auxiliar.
- 1.3.- Foso de fotógrafos.
- 1.4.- Vallas de publicidad.
- 1.5.- Banco de suplentes.
- 1.6.- Área del entrenador.
- 1.7.- Foso de protección.

Área de espectadores.

- 2.1.- Graderío.
- 2.2.- Sanitarios.
- 2.3.- Taquillas.
- 2.4.- Local Souvenirs.
- 2.5.- Local de Snacks.
- 2.6.- Clínica.
- 2.7.- Gradas VIP (Palcos).
- 2.8.- Sanitarios (Palcos).
- 2.9.- Sala VIP (Palcos).
- 2.10.- Servicio de meseros.
- 2.11.- Bodega.

V.- Vestíbulo

Área privada.

- 3.1.- Vestidores.
- 3.2.- Clínica.
- 3.3.- Área de árbitros..
- 3.4.- Área del entrenador.
- 3.5.- Área del recoge balones.
- 3.6.- Vestidores (Otros eventos).
- 3.7.- Acceso a la cancha.
- V.- Vestíbulo

Área pública.

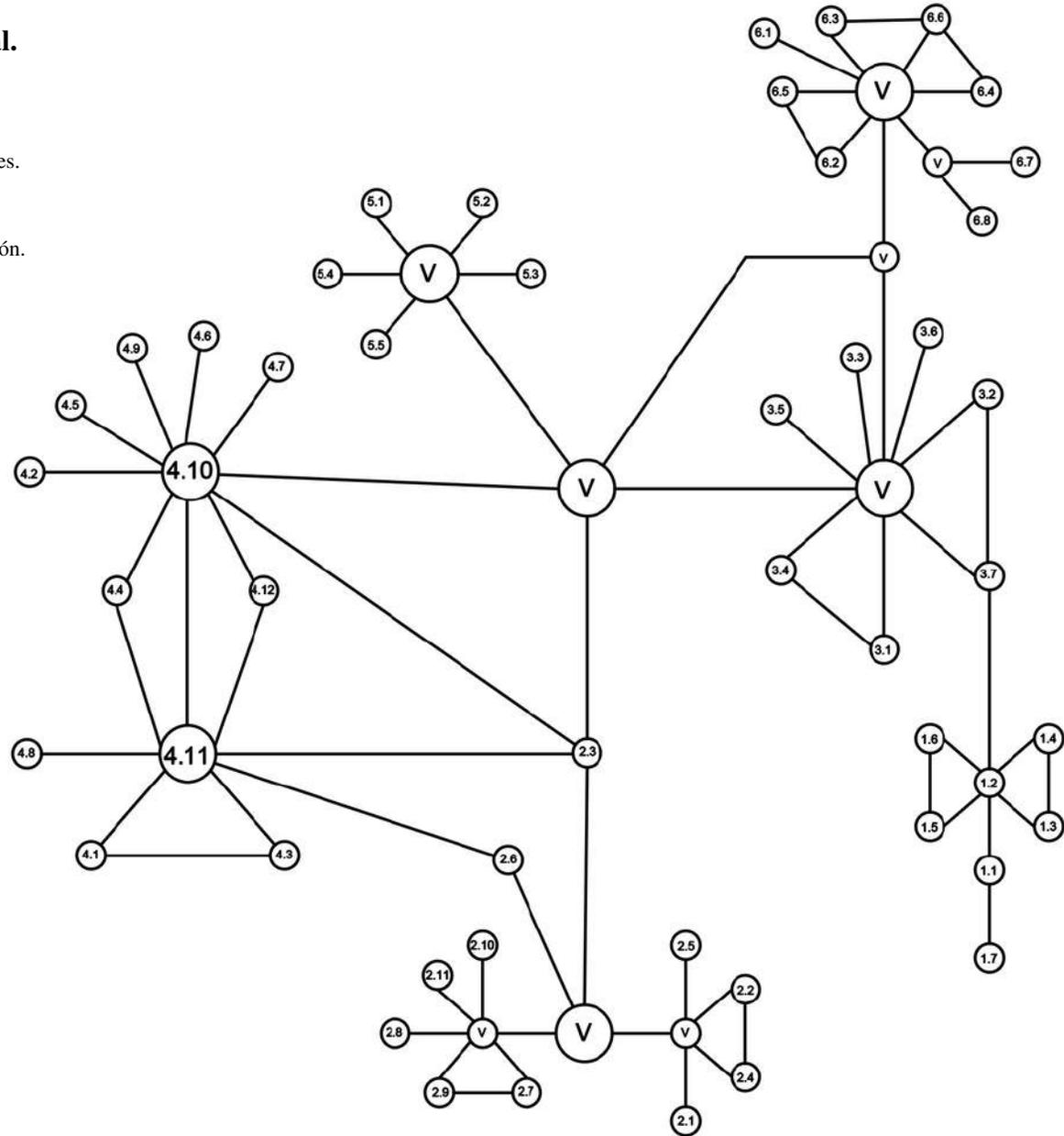
- 4.1.- Autobuses urbanos.
- 4.2.- Estacionamiento Autobuses.
- 4.3.- Taxis.
- 4.4.- Áreas Auxiliares.
- 4.5.- E. Medios de Comunicación.
- 4.6.- E. Autoridades.
- 4.7.- E. Espectadores (Palcos).
- 4.8.- E. Espectadores.
- 4.9.- E. Jugadores.
- 4.10.- Circulaciones exteriores.
- 4.11.- Placa de Acceso.
- 4.12.- Jardines.

Área de medios.

- 5.1.- Terreno de juego.
- 5.2.- Área auxiliar.
- 5.3.- Foso de fotógrafos.
- 5.4.- Vallas de publicidad.
- 5.5.- Banco de suplentes.
- V.- Vestíbulo.

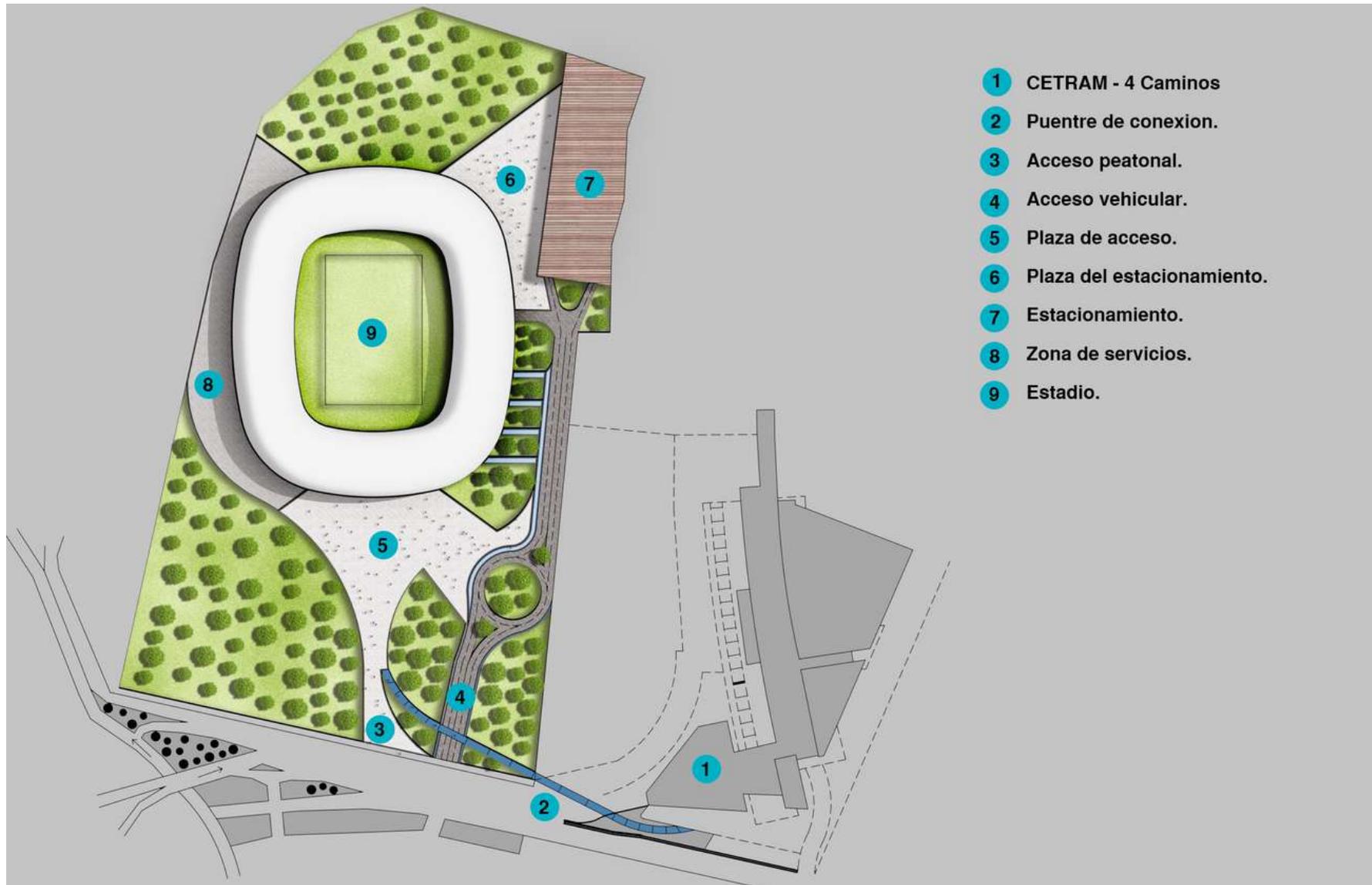
Área administrativa.

- 6.1.- Sala de espera.
- 6.2.- Secretarías.
- 6.3.- Oficina Administrador.
- 6.4.- Oficina Presidente.
- 6.5.- Bodega.
- 6.6.- Sala de juntas.
- 6.7.- Sanitarios.
- 6.8.- Cocineta.
- V.- Vestíbulo



3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.1- Zonificación General



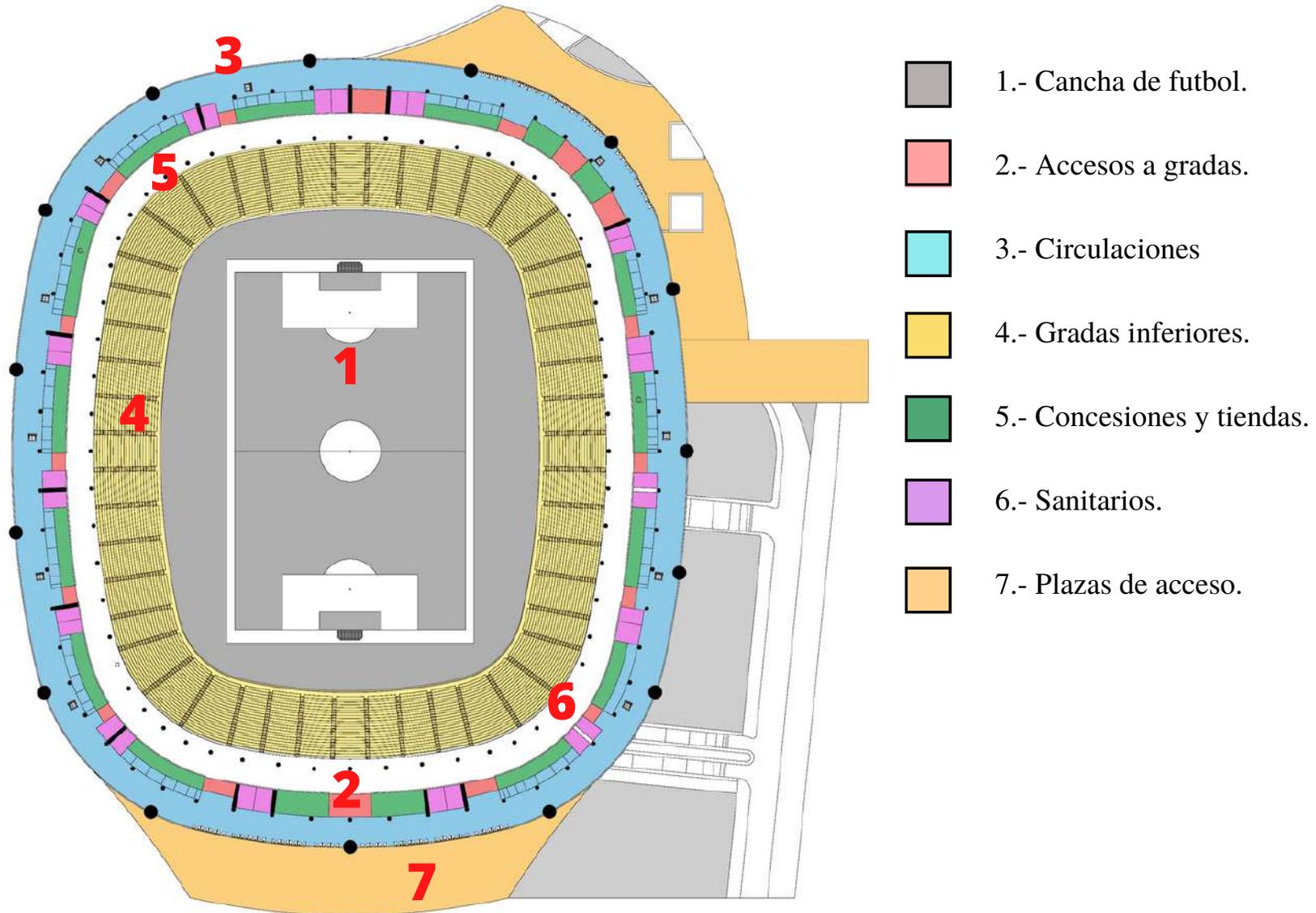
3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.2- Zonificación del Estadio - Planta de Servicios.



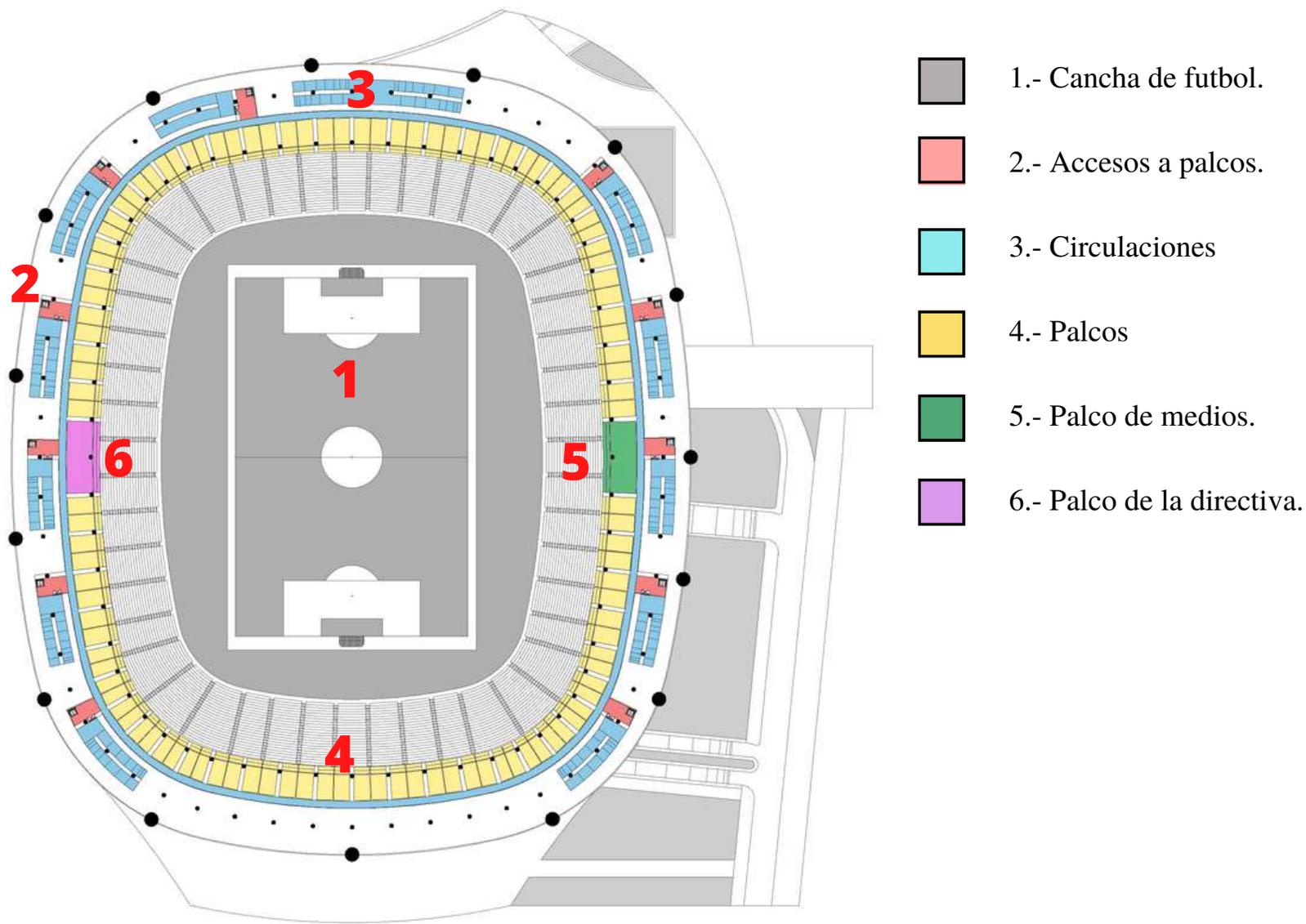
3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.2- Zonificación del Estadio - Graderío Inferior



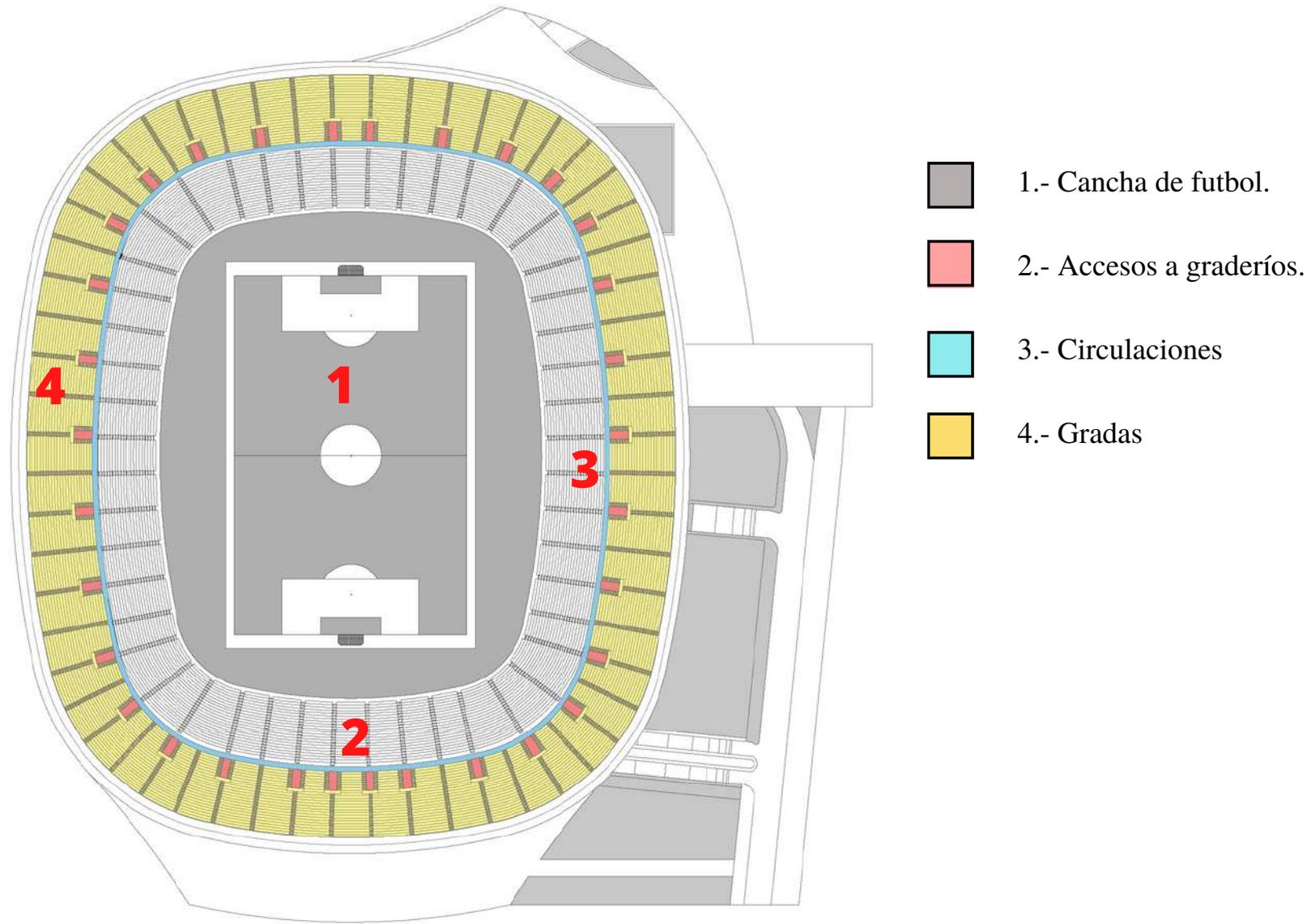
3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.2- Zonificación del Estadio - Planta de palcos.



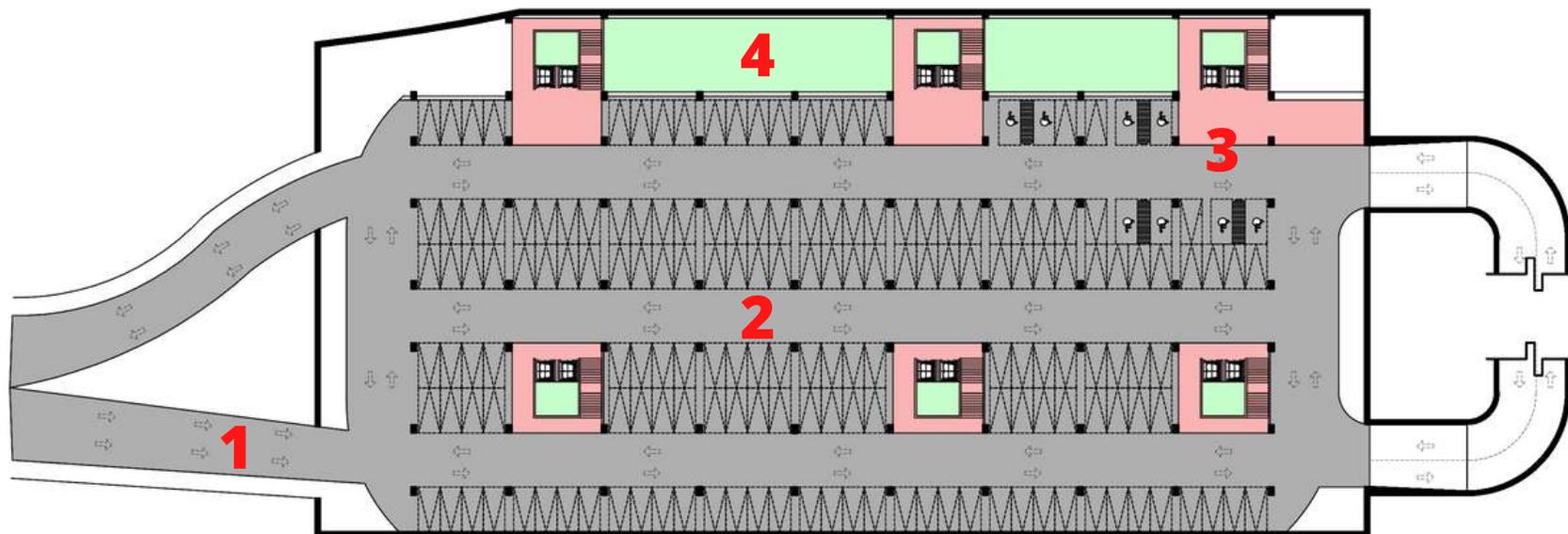
3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.3- Zonificación del Estadio - Graderío Superior



3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

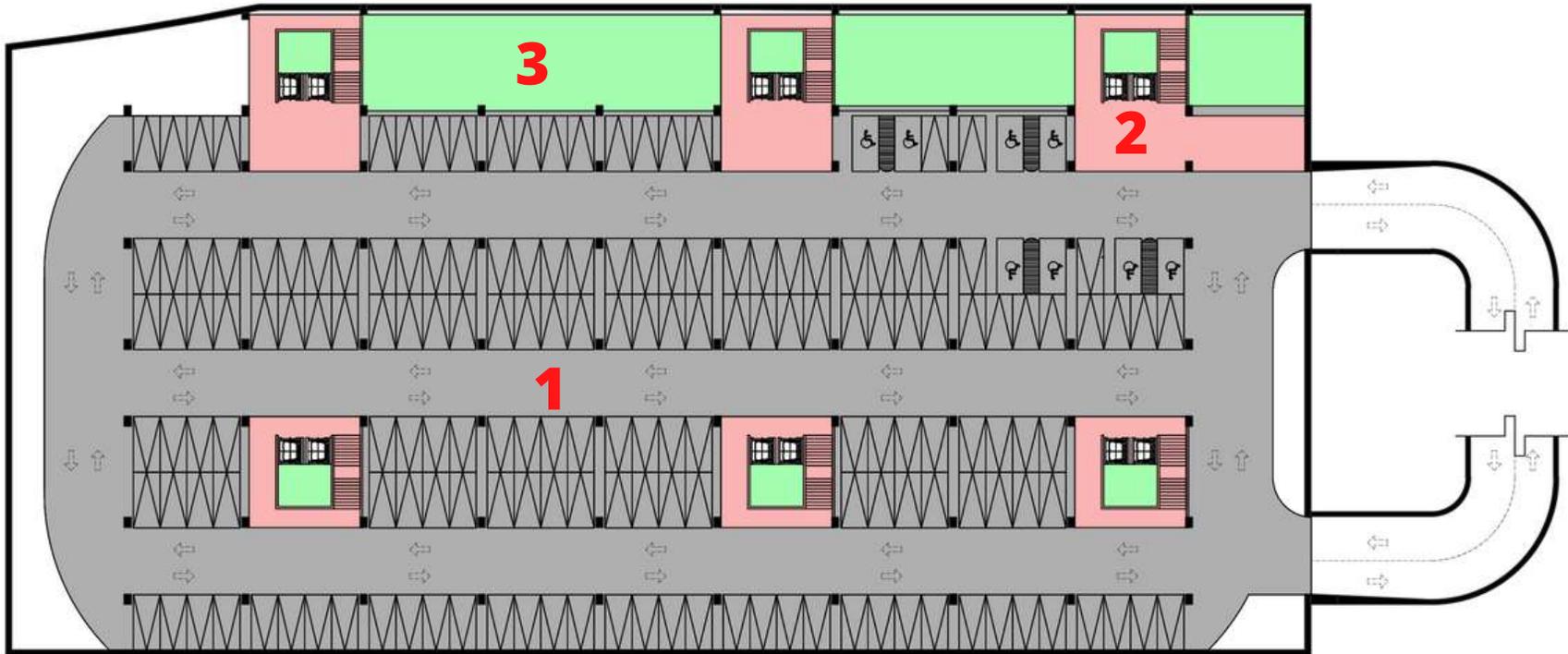
3.4.4.3- Zonificación del Edificio de Estacionamiento - Planta baja.



-  1.- Acceso a estacionamiento.
-  2.- Estacionamiento general
-  3.- Circulaciones verticales.
-  4.- Ductos de iluminación y ventilación.

3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

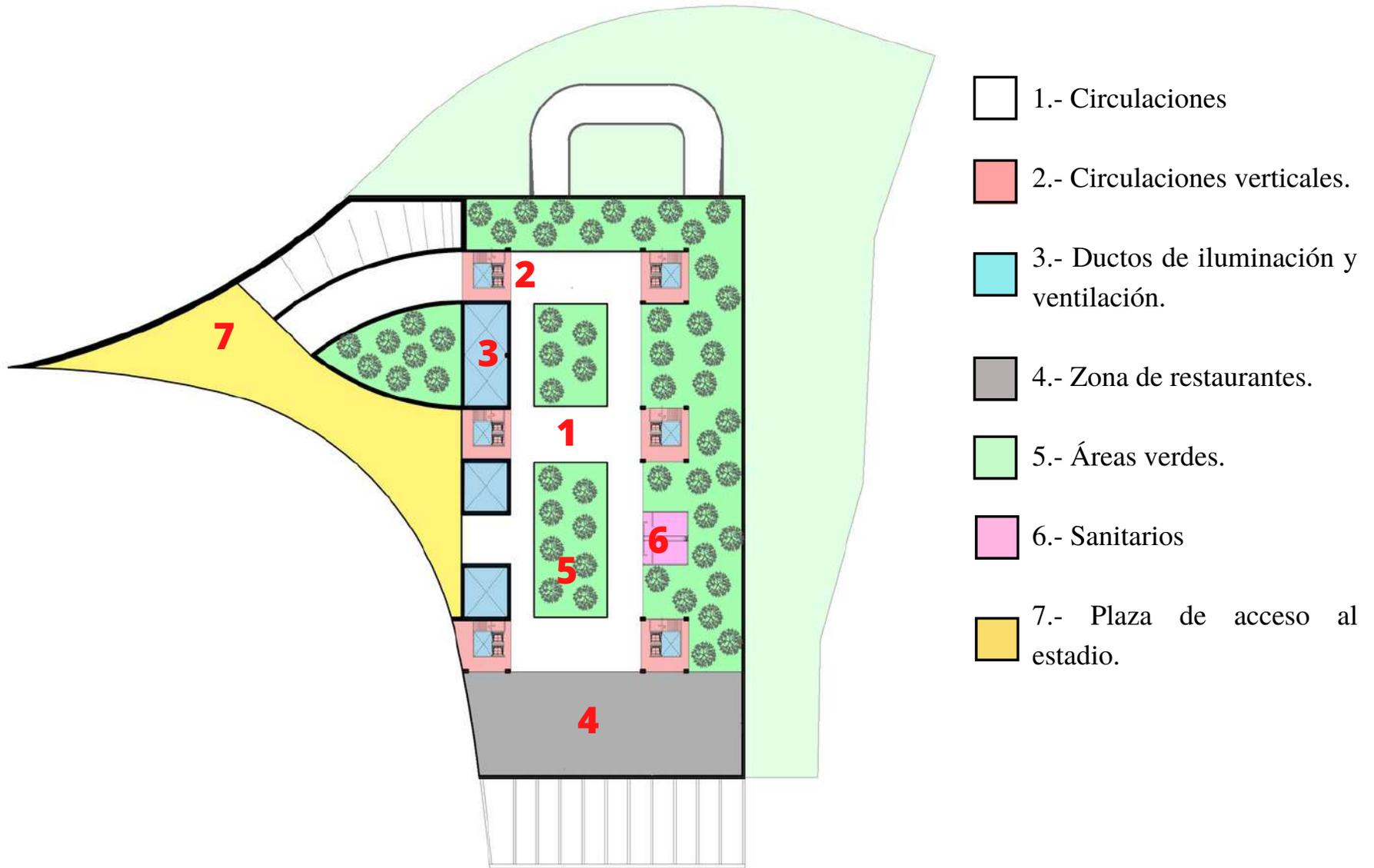
3.4.4.3- Zonificación del Edificio de Estacionamiento - Planta tipo.



-  1.- Estacionamiento general
-  2.- Circulaciones verticales.
-  3.- Ductos de iluminación y ventilación.

3.4.4.- Grafo dual (Zonificación formal).

3.4.4.3- Zonificación del Edificio de Estacionamiento - Planta de Azotea (Green Roof).



4.- OPTIMIZACIÓN AMBIENTAL.



El análisis ambiental en la arquitectura gira en torno múltiples factores dependiendo del proyecto, principalmente se encuentran los estudios térmicos, visuales (respecto a la luz solar) y la calidad del aire, para ello es necesario analizar la radiación, la luz solar y la ventilación, mismos factores que influyen en la temperatura de los espacios y el confort de los usuarios. Entendemos que "el confort térmico es esa condición mental, que expresa satisfacción con el ambiente" (Norma ASHRAE, 2004) considerando un punto de equilibrio donde el usuario no siente demasiado calor ni demasiado frío. Entendemos también que el confort térmico es un valor estadístico que depende principalmente de la temperatura del ambiente, ya que no es el mismo valor en países nórdicos como en los países latinoamericanos.

Para lograr medir los fenómenos físicos antes mencionados es necesario generar simulaciones ambientales de los edificios, ya con los resultados de las simulaciones el diseño final del edificio se convierte en un sistema basado en decisiones (DBSs por sus siglas en inglés), pero solamente la gente con años de experiencia son capaces de generar propuestas que realmente resuelvan el problema, limitando demasiado el campo de acción del análisis ambiental.

Otro problema que se enfrenta la industria AEC (Arquitectura, ingeniería y construcción por sus siglas en inglés) es que los modelos de productos de construcción (BPM por sus siglas en inglés) se encuentra limitado únicamente en la extracción de información geométrica, el software puede generar las simulaciones pero al no tener una comunicación entre ambos programas, no es posible o no es tan sencillo hacer grandes modificaciones a la geometría para llegar al mejor resultado. Gracias a *Grasshopper* y su lenguaje de programación visual es fácil cambiar las variables de diseño dentro de los sistemas CAD.

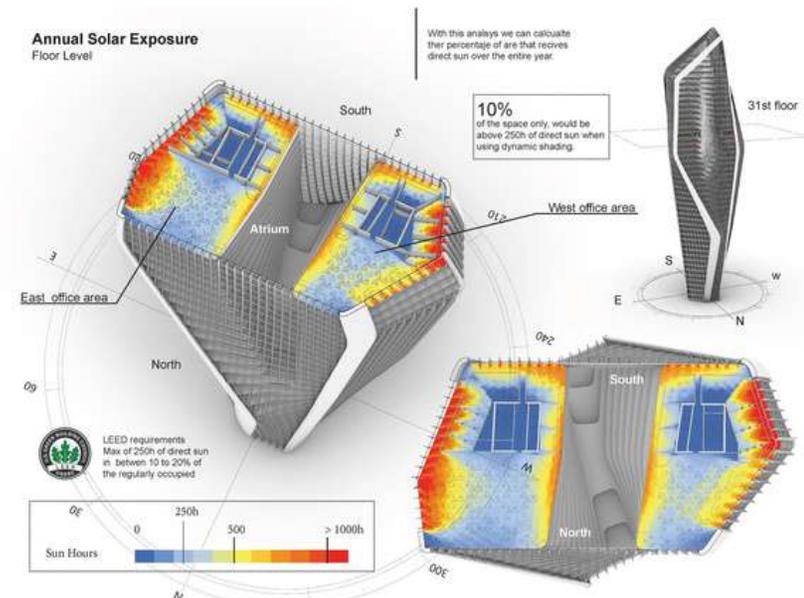


Imagen 110.(2020) Exposición anual del sol. por WDS Lab. Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/simulacion-de-condiciones-luminicas-en-interiores>

El objetivo del nuevo enfoque del análisis ambiental no es eliminar la intuición en el proceso de diseño, ya que es el mejor punto de partida, por lo que es importante conocer de manera amplia el diseño bioclimático. Lo que se busca es complementar con técnicas analíticas, software de simulación y métodos de optimización para llegar a los mejores resultados en el menor tiempo posible, como bien se sabe, el análisis ambiental es una parte del flujo global en el diseño.

En algunos proyectos llegan a ir más allá de la transformación geométrica del edificio para conseguir un edificio confortable y sustentable, agregando procedimientos mecánicos para generar fachadas y cubiertas adaptativas al clima, es decir, que los elementos que las conforman pueden rotar, abrir o cerrarse, permitir o denegar el ingreso de luz solar o vientos de acuerdo al microclima interior, asegurando estar siempre en confort sin utilizar o disponer en pequeñas cantidades de la climatización artificial. Uno de los mejores ejemplos de la implementación de los análisis ambientales y cubiertas adaptativas es el pabellón para *SC Fair 2016* en la ciudad de Yokohama en Japón.

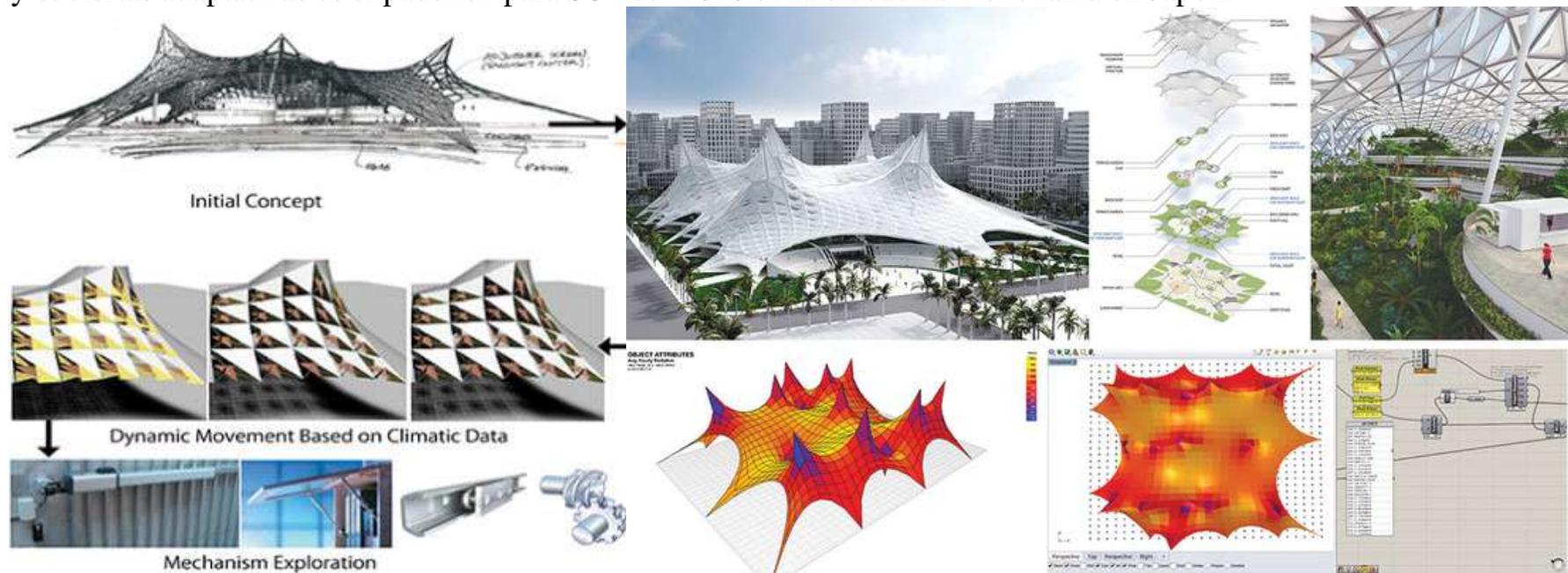


Imagen 111.(2016) Análisis ambiental del SC Fair 2016 in Yokohama.

Recuperado de <https://acortar.link/joCDWM>

El nuevo enfoque del análisis ambiental no se limita únicamente a espacios interiores, se aprovecha las herramientas para proyectos urbanos, se trate de una regeneración o una nueva propuesta. Conocer como los edificios pueden bloquear o encausar los vientos locales ayuda a encontrar estrategias que mejoren el confort exterior, sobre todo a nivel peatonal, permitiendo diseñar espacios públicos habitables. El segundo factor importante para analizar es la radiación de los espacios públicos. De esta manera podemos medir la cantidad de horas que reciben los parques, calles y banquetas por metro cuadrado, determinando si el área esta sobre el nivel superior o inferior del confort de los transeúntes.

El resultado de estos estudios son la determinación de los espacios de oportunidad para una adecuada intervención o diseño, donde es mejor colocar terrazas, fuentes de agua, vegetación y arboles. Mismos que mejoraran el clima y la temperatura a nivel urbano, evitando el sobrecalentamiento de las superficies de pavimentos de calles y banquetas, las sombras de los edificios y la vegetación contribuirán también a la reduciendo del efecto de "Isla de calor".

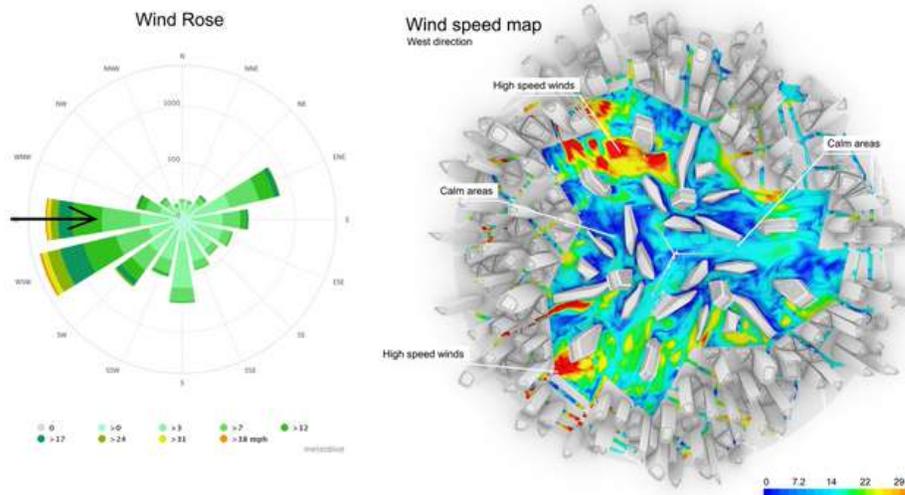


Imagen 112.(2020) Análisis de viento y confort exterior por WDS Lab.
Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/analysis-de-vientos-y-confort-exterior>

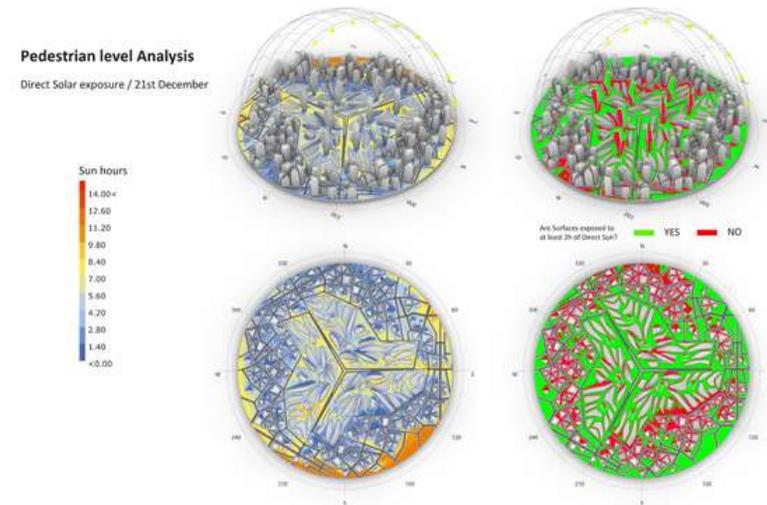


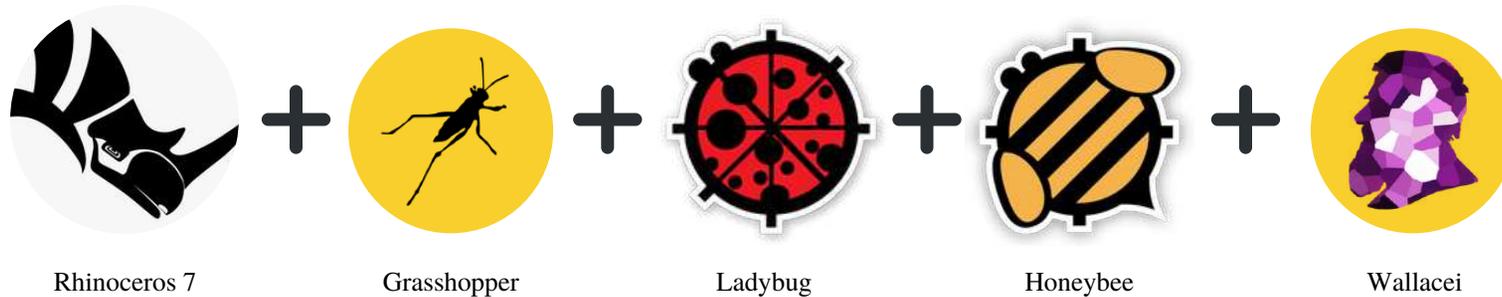
Imagen 113.(2020) Análisis solar en espacio publico por WDS Lab.
Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/anlisis-solar-a-escala-urbana>

El análisis ambiental esta compuesto generalmente por las siguientes etapas principales, mismas que se iran adecuando y modificando de acuerdo al proyecto y los alcances del mismo.

- 1.- **Viabilidad y planificación del sitio:** Consiste en la localización y dimensionamiento aproximado del edificio, estudiando las cualidades físicas y abstractas del mismo, asi como el presupuesto destinado a la sustentabilidad (Ya que nos ayudará a delimitar los alcances del proyecto).
- 2.- **Esbozo de diseño:** Azimut del edificio (su orientación respecto al norte), estudiar la forma del edificio, selección de los materiales basados en su coeficiente de transmisión, programación y planeación del espacio arquitectonico, elevación esquemática del % de acristalamiento del edificio y evaluación elemental de sistemas HVAC dentro del proyecto.
- 3.- **Diseño esquemático:** Estudios detallados de las fachadas y la envolvente del edificio, área de acristalamiento y características del mismo, elección de los dispositivos de sombreado de las diferentes fachadas y/o cubiertas, tasas de cambio de aire, diseño de iluminación natural y artificial, selección de materiales basados en los análisis y su rendimiento.
- 4.- **Diseño detallado:** Selección de sistemas de calefacción y refrigeración en caso de ser necesario, estrategias de control de los sistemas, estrategias pasivas de calefacción y refrigeración, estrategias pasivas de ventilación, asi como ajustar en menor medida la envolvente, las fachadas, la cubierta y los materiales del proyecto.

Como hemos venido hablando, la mejor manera de garantizar los flujos iterativos de trabajo es con herramientas como *Grasshopper* o *Dynamo* que son softwares para la programación visual, pero se debe de entender que solamente es el lenguaje con el que estaremos trabajando, necesitando de softwares especializados en las simulaciones ambientales. A diferencia de las simulaciones estructurales, los componentes para *Grasshopper* y *Dynamo* utilizan el mismo motor de simulación, permitiendo tener resultados realistas sin tener que exportar la geometria y las características para realizar los análisis de validación. El motor de simulación que estaremos utilizando será *Energy Plus*.

Como se mostro al principio del trabajo, los softwares para el desarrollo de la geometria serán *Rhinoceros 7* & *Grasshopper*, en el caso de los complementos para las simulaciones ambientales serán *Ladybug* & *Honeybee*, pertenecientes a la empresa de *LadybugTools*. En el segundo, es donde se aloja y se relaciona el motor de simulación *Energy Plus*, cerrando el flujo de trabajo iterativo con Wallacei, el algoritmo de optimización evolutivo.



EnergyPlus: es un programa completo de simulación de energía de edificios, utilizado para modelar el consumo de energía (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, cargas de proceso, enchufes, etc.) y el uso de agua en los edificios. Presenta soluciones integradas y simultáneas de las condiciones térmicas de los edificios, mismas que están basada en el balance de calor de efectos radiantes que producen temperaturas superficiales para llegar al confort térmico. Además, es gratuito, de código abierto y multiplataforma; se ejecuta en los sistemas operativos Windows, Mac OS X y Linux. Por lo que cualquier persona puede acceder fácilmente a el. Su desarrollo está financiado por la Oficina de Tecnologías de Construcción (BTO) del Departamento de Energía de EE. UU. (DOE). Junto con *OpenStudio*, *EnergyPlus* es parte de la cartera de programas de modelado energético de edificios de BTO.

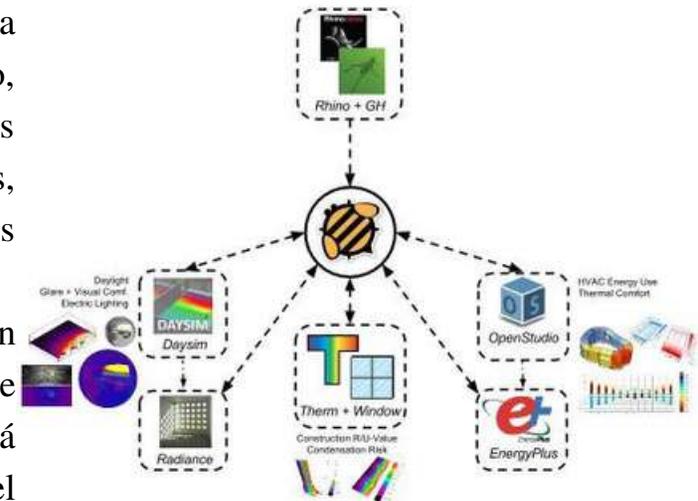


Imagen 114.(2021) Interoperabilidad de LadybugTools
Recuperado de <https://www.food4rhino.com/en/app/ladybug-tools>

Uno de las principales metas de este trabajo referente a la optimización ambiental es, además de la eficiencia energética y el confort de los usuarios, es minimizar el impacto ambiental de las edificaciones durante su operación, como bien sabemos la industria de la construcción es la encargada de generar alrededor del 38% del CO₂ en México.

Normalmente las construcciones en México que no cuentan con certificaciones ambientales como LEED, justifican la sustentabilidad de sus proyectos con paneles solares, calentadores solares y sistemas de captación pluvial sin analizar y considerar los principales fenómenos físicos que influyen en un edificio, en el mejor de los casos utilizan estrategias bioclimáticas empíricas. A pesar de que las estrategias antes mencionadas ayudan al medio ambiente, es importante separar los edificios que poseen estrategias que disminuyen el impacto ambiental y los edificios genuinamente sustentables.

No se puede decir que un proyecto es sustentable por usar paneles solares, la sustentabilidad de los proyectos viene desde la concepción del mismo, del uso de materiales y un análisis ambiental. Por ende, no podemos cambiar o perfeccionar lo que no medimos, de ahí la necesidad de las simulaciones para obtener valores palpables.

Entendemos que el diseño (ya sea arquitectónico, industrial, estructural, etc.) siempre es un proceso iterativo donde existen múltiples soluciones, ya que ningún diseño funciona para todo el mundo y esto se debe a que cada proyecto, cada usuario tiene necesidades específicas a satisfacer. En términos simples la optimización es la minimización o maximización de uno o más criterios (objetivos) mientras se satisfacen las restricciones específicas. La optimización desde el punto de vista de las matemáticas se muestra como la fórmula de:

Minimizar $f(\mathbf{x})$

Sujeto a: $g_i(\mathbf{x}) \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$

Considerando que: $h_j(\mathbf{x}) = 0 \quad j = 1, \dots, l$

Considerando finalmente que: $\mathbf{x}_L \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{x}_U$

Donde:

x = Es el conjunto de variables de diseño.

f = Es la función costo-objetivo.

g = Son las restricciones de desigualdad (donde " x " debe de ser mayor o menor que, si corresponde a un valor particular).

h = Son las restricciones de igualdad (donde " x " debe de ser igual a un valor particular).

x_L y x_U = Son los límites superiores e inferiores en las variables de diseño (Considerándose también como restricciones de desigualdad).

La alternativa más simple es:

Minimizar $f(x)$

Sujeto a " $x \in \Omega$ "

Donde \in significa un elemento de Ω que es el rango de valores posibles (es decir, todas las restricciones mencionadas anteriormente).

El mejor ejemplo de optimización que podemos encontrar es la naturaleza, ya que la biología optimiza naturalmente, considerando que lo que no es eficiente no sobrevive, maximizando la velocidad de los depredadores para alcanzar a sus presas, en el caso de las tortugas sacrifican velocidad por tener una mejor defensa. Es aquí donde extrapolamos estos conceptos y los Algoritmos Evolutivos comienzan a tener una aplicación importante en el mundo de la arquitectura.

Al utilizar un algoritmo de optimización evolutivos debemos asignar valores numéricos para determinar que tan óptimo son los elementos, como hemos visto, la optimización es la minimización o maximización de los valores, cuando se trabaja con optimizaciones multi-objetivo (más de un objetivo por satisfacer) algunos objetivos se llegan a contra poner, un ejemplo de esto es buscar la maximización de entrada de luz natural a un espacio, que se contraponen con la minimización del ingreso de radiación al mismo espacio.

4.2.- Métodos de optimización.

Existen varios métodos de optimización, sin embargo, en este proyecto se empleará la optimización multi-objetivo y el Frente de Pareto. Cuando se optimiza para un solo objetivo como la radiación o las horas de luz solar dentro de un espacio, sin importar el número de variables, es sencillo determinar cuando se ha encontrado una solución óptima. Pero muchas veces, un solo objetivo no es suficiente para satisfacer todos los requerimientos de un proyecto, al intentar optimizar con múltiples objetivos puede ser complicado, ya que estos objetivos pueden ser independientes o contradictorios, es decir que para ciertas variables un objetivo se satisface pero esas mismas variables se contraponen con otro objetivo. La optimización multi-objetivo puede ser no determinista, lo que significa que cada vez que se ejecuta el proceso de optimización es probable que se tengan resultados diferentes. Graficar las diferentes respuestas deberían de revelar la región donde las soluciones funcionan y otras donde están lejos de satisfacer los múltiples objetivos. La división entre los dos se conoce como el Frente de Pareto llamado así por el ingeniero civil y economista italiano Vilfredo Pareto.

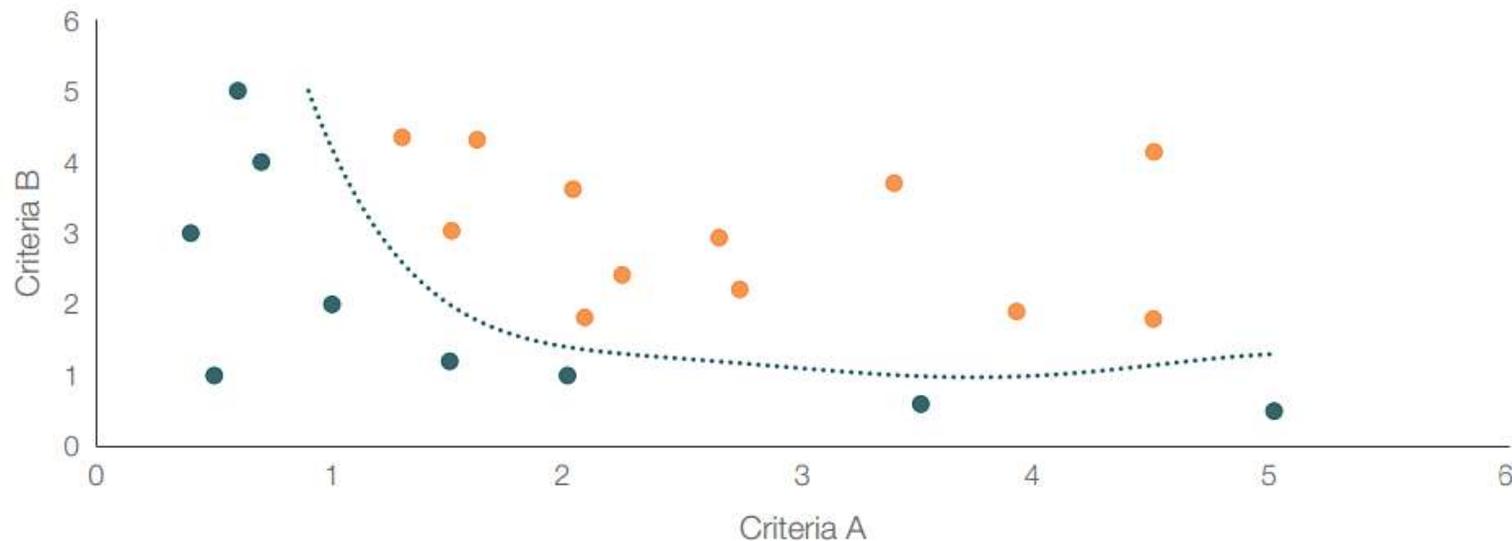


Imagen 115.(2020) Frente de Pareto para optimización considerando dos criterios. Recuperado de: "Computational Engineering"

En la actualidad, para resolver problemas complejos de optimización se utilizan algoritmos evolutivos, que se inspiran en la naturaleza y su operabilidad, recogiendo un conjunto de modelos basados en la evolución de los seres vivos. La estrategia de simulación evolutiva más reconocida son los algoritmos genéticos. De acuerdo a Alfonso Mateos de Luz en su artículo "Algoritmos Evolutivos y Algoritmos Genéticos" habla de como trabajan los algoritmos evolutivos, considerando una población de individuos como las posibles soluciones a un problema. Cuando estas poblaciones se someten a ciertas transformaciones se crea un ciclo. Cada ciclo de transformación constituyen una generación, esperando que después de cierta cantidad de generaciones el mejor individuo de la población este cerca de la solución buscada.

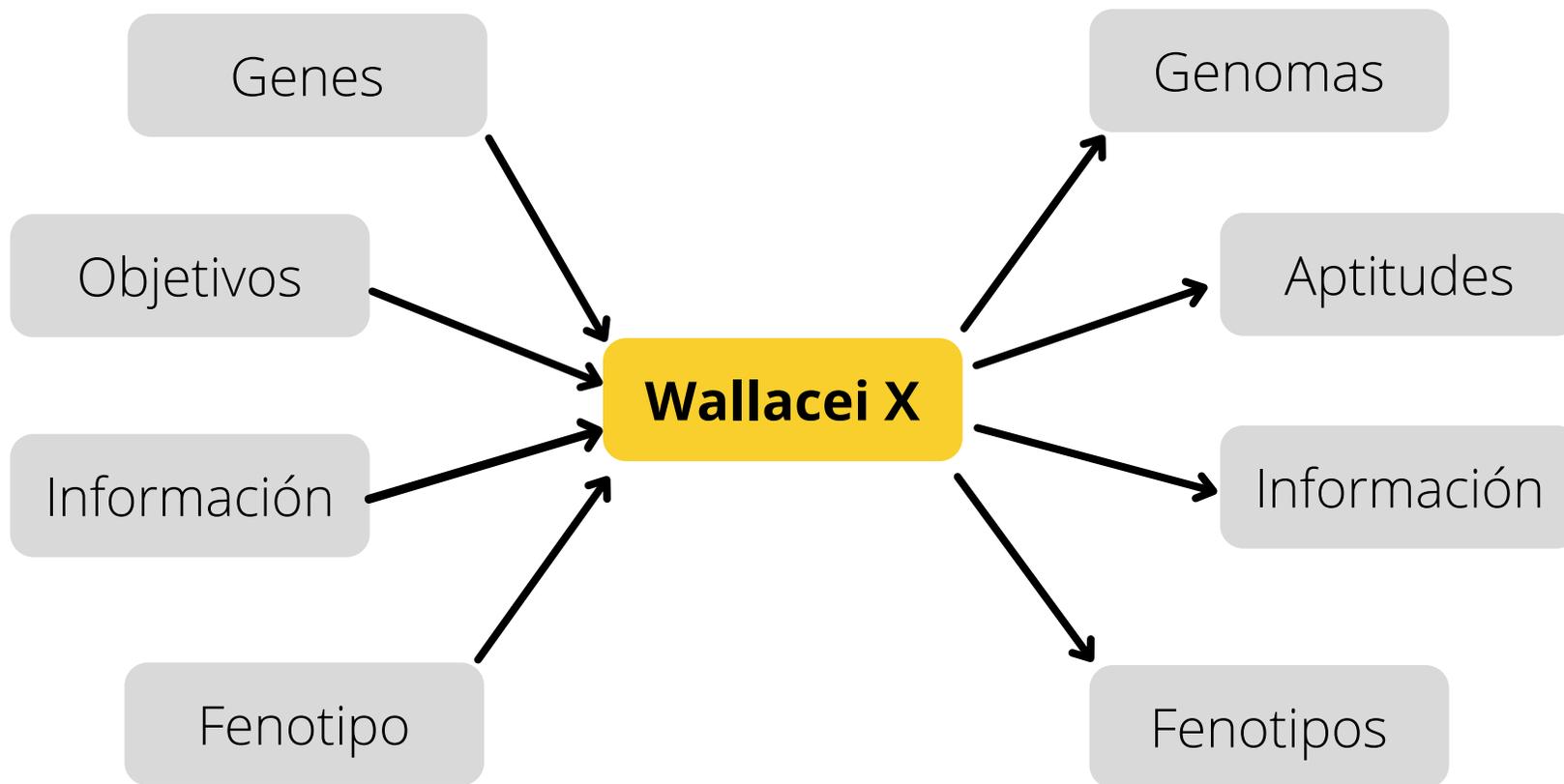
Establece también los principales componentes:

- Población de individuos, que son una representación (no necesariamente directa) de posibles soluciones.
- Procedimiento de selección basado en la aptitud de los individuos para resolver el problema.
- Procedimiento de transformación para construir nuevos individuos a partir de los anteriores.

Las características fundamentales de estos algoritmos son los métodos de generación de soluciones, donde se parte de un conjunto de soluciones iniciales y se van empleando operadores de búsqueda para ir refinando la solución final. Para lograr esto se utilizarán los algoritmos genéticos que de acuerdo con el mismo autor *"...Modelan el proceso de evolución como una sucesión de frecuentes cambios en los genes, con soluciones análogas a cromosomas. Trabajan con una población de cadenas binarias para la representación del problema, y el espacio de soluciones posibles es explorado aplicando transformaciones a éstas soluciones candidatas tal y como se observa en los organismos vivientes: cruce, inversión y mutación. Como método de selección emplean en mecanismo de la ruleta (a veces con elitismo). Constituyen el paradigma más completo de la computación evolutiva ya que resumen de modo natural todas las ideas fundamentales de dicho enfoque. Son muy flexibles ya que pueden adoptar con facilidad nuevas ideas, generales o específicas, que surjan dentro del campo de la computación evolutiva. Además, se pueden hibridar fácilmente con otros paradigmas y enfoques, aunque no tengan ninguna relación con la computación evolutiva..."*

Para lograr los objetivos planteados ocuparemos algoritmos genéticos evolutivos como lo es Wallacei en programación visual en Grasshopper.

Wallacei es un motor de optimización por algoritmos evolutivos, la utilización de este tipo de herramientas analíticas permiten comprender la evolución y optimización de un proyecto, tomando decisiones informadas en todas las etapas de diseño, además, se pueden seleccionar, reconstruir y generar cualquier fenotipo de la población después de completar su simulación. El propósito de esta herramienta es proporcionar a los usuarios un motor evolutivo para optimización, donde el algoritmo, el análisis y la selección pueden llevarse a cabo dentro de una interfaz de usuario. Este motor de análisis funciona principalmente con 4 valores de entrada y 4 valores de salida.



Valores de Entrada en la definición de Grasshopper:

- Los genes se componen de deslizadores o grupos de deslizadores. Es necesario cambiar el nombre de los controles deslizantes / grupos de genes con prefijo "wlc_" para la selección automática (haciendo clic con el botón derecho en el componente Wallacei X y haciendo clic en "Seleccionar todos los controles deslizantes").
- Los objetivos de aptitud física son valores contenidos en un componente "numérico". Es necesario el nombre del objetivos de fitness con el prefijo "wlc_" para la selección automática (haciendo clic con el botón derecho en el Componente Wallacei X y haga clic en "Seleccionar todos los objetivos").
- Cualquier tipo de datos a guardar para cada solución en la población (se recomienda solo se ingresan datos numéricos para evitar la sobrecarga de la CPU que hace que el programa de *Grasshopper / Rhinoceros* se bloquee).
- Los fenotipos que se exportarán a través del solucionador. Se acepta cualquier tipo de datos como Breps, Meshes o Numbers (los fenotipos se pueden ingresar después de ejecutar la simulación).

Valores de Salida en la definición de Grasshopper:

- Los genomas son todas las soluciones en la población. Para acceder al Genoma, utilizar el componente "Decodificar genoma" para extraer valores numéricos que comprenden cada genoma de la solución.
- Los valores de aptitudes son las aptitudes de todas las soluciones en la población. La estructura de la lista es como sigue a {A; B} [i], donde "A" es el número de generación, "B" es el número de solución e "i" son los valores de aptitud para cada objetivo de aptitud.
- Los datos son todos los ingresados de todas las soluciones en la población.
- Los fenotipos son las soluciones exportadas. Para acceder a la geometría dentro el fenotipo, utilice los componentes "Decodificar fenotipos" o "Distribuidor", que generar los datos en diferentes flujos (números, mallas, breps, etc.)

La siguiente metodología planteada incluye los elementos básicos para cualquier análisis ambiental, mismo que se puede aplicar para cualquier tipo de proyecto y/o edificación, se considera que estos análisis deben realizarse en la etapa de anteproyecto, ya que los resultados arrojados pueden aportar sustanciosamente a la generación de una propuesta exitosa dentro del rubro del confort y la sustentabilidad.

Metodología de optimización ambiental:

0.- Gráficas climáticas del sitio.

1.- Primer análisis de radiación: Impacto de radiación sobre el graderío.

2.- Segundo análisis de radiación: distintos tipos de superficies.

3.- Tercer análisis: Beneficios de confort por sombra al aire libre.

4.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (*Form Finding*).

5.- Quinto análisis: Radiación sobre las circulaciones.

6.- Sexto análisis: Horas de luz solar sobre las circulaciones.

7.- Conclusiones de la optimización ambiental del estadio.

Cabe mencionar que el punto 0 es completamente indispensable, ya que en esta etapa se recopila toda la información para hacer los análisis, en el punto 1 y 3 se busca demostrar la importancia del elemento de protección, en este caso la cubierta, en el punto 2 abordamos y delimitamos las propiedades geométricas del elemento con el que estaremos trabajando, realizando un "*Form Finding*" ambiental, con la finalidad de disminuir ampliamente el espectro de posibles soluciones, desarrollando una metodología más eficaz al tener que analizar únicamente los datos que nos darán el resultado esperado. Finalmente los últimos puntos (4,5,6 y 7) corresponden directamente al proceso de optimización ambiental, la interpretación de los resultados y la elección de la mejor propuesta, concluyendo los beneficios y la validez de la metodología planteada.

Antes de empezar a realizar el modelo geométrico es importante entender la información climatológica del sitio y los resultados que arroja el programa, de esta manera entenderemos las variables y los componentes que nos ayudaran a determinar los parámetros de la optimización. En este caso se visualizarán los datos de temperatura, humedad, viento y radiación en el sitio.

4.5.- Recorrido del sol.

En relación a temperatura, las mañanas son templadas y conforme va avanzado el día la temperatura va aumentando, llegando a un mínimo de 4.46°C y un máximo de 28.04°, caso contrario a la humedad empezando en las mañanas con 90.70% disminuyendo en el transcurso del día hasta un 25%. Estas son consideraciones generales, en algunos casos se trabaja con microclimas creados a lo largo del proyecto.

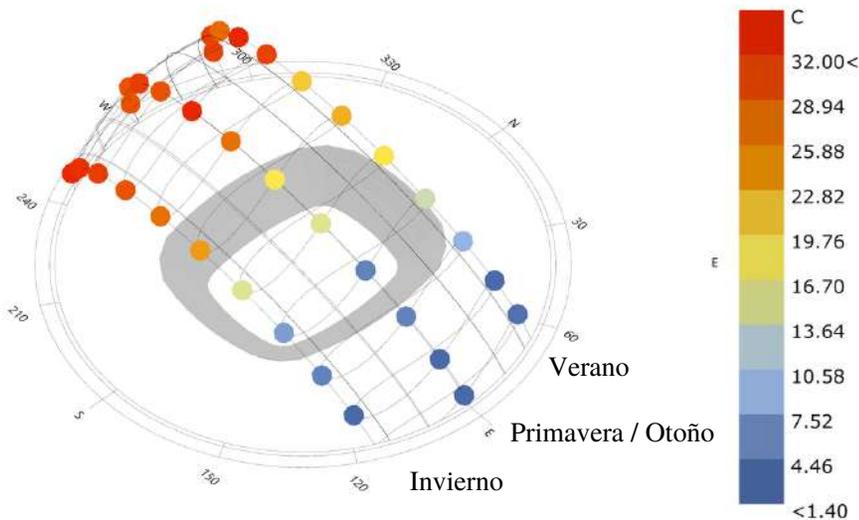


Imagen 116.(2021) Diagrama del recorrido del sol con temperatura. Elaboración propia.

Diagrama del recorrido del sol. - Latitud: 19.475
 Lugar de análisis: Naucalpan de Juarez, Edo. de México - 2015
 Periodo de análisis: Estaciones
 Información climatológica: Temperatura.

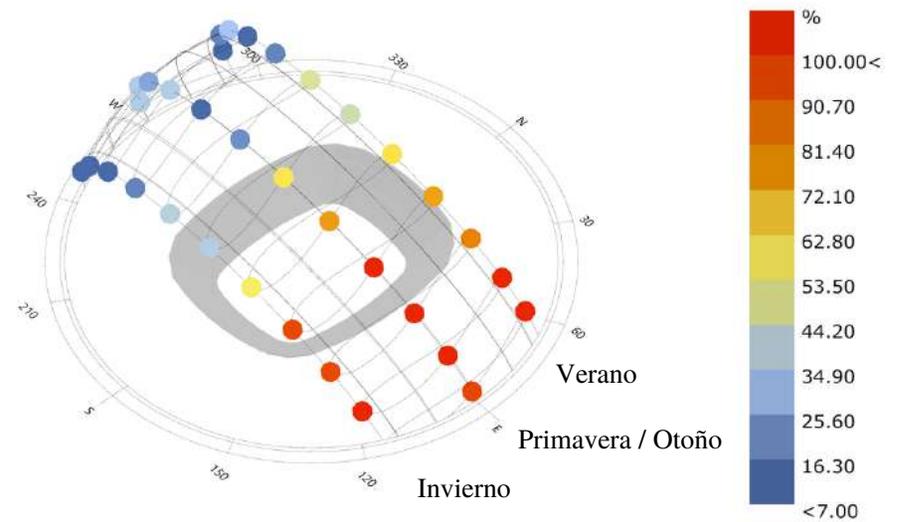


Imagen 117.(2021) Diagrama del recorrido del sol con humedad. Elaboración propia.

Diagrama del recorrido del sol. - Latitud: 19.475
 Lugar de análisis: Naucalpan de Juarez, Edo. de México - 2015
 Periodo de análisis: Estaciones
 Información climatológica: Humedad relativa

4.5.2.- Rosa de los vientos.

En las épocas más calurosas del año (Primavera - Verano) los vientos dominantes provienen del norte - noreste, para aprovechar este elemento, será necesario una ventilación cruzada teniendo una salida de aire en dirección sur - suroeste. En el caso de las épocas templadas del sitio, el viento proviene del Este, por lo que se protegerá del viento en este lado de la fachada, analizando también su contexto, solamente existen edificios de gran altura del lado sur y sureste del proyecto, mismos que no tienen relevancia en el flujo del viento.

Rosa de los vientos anual

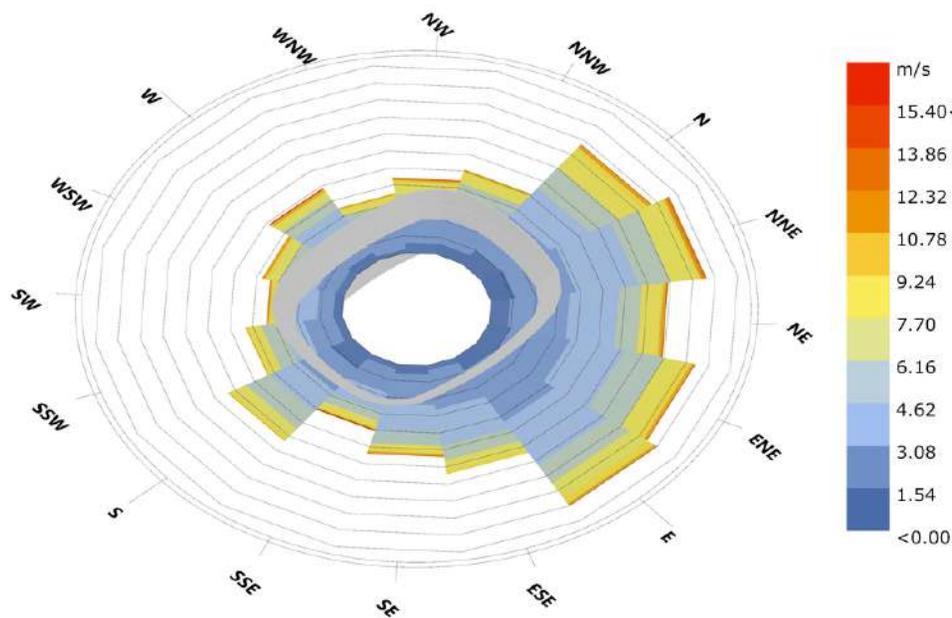


Imagen 118.(2021) Rosa de los vientos. Elaboración propia.

Diagrama de rosa de los vientos

Lugar de análisis: Naucalpan de Juarez, Edo. de México - 2015

Periodo de análisis: Anuales

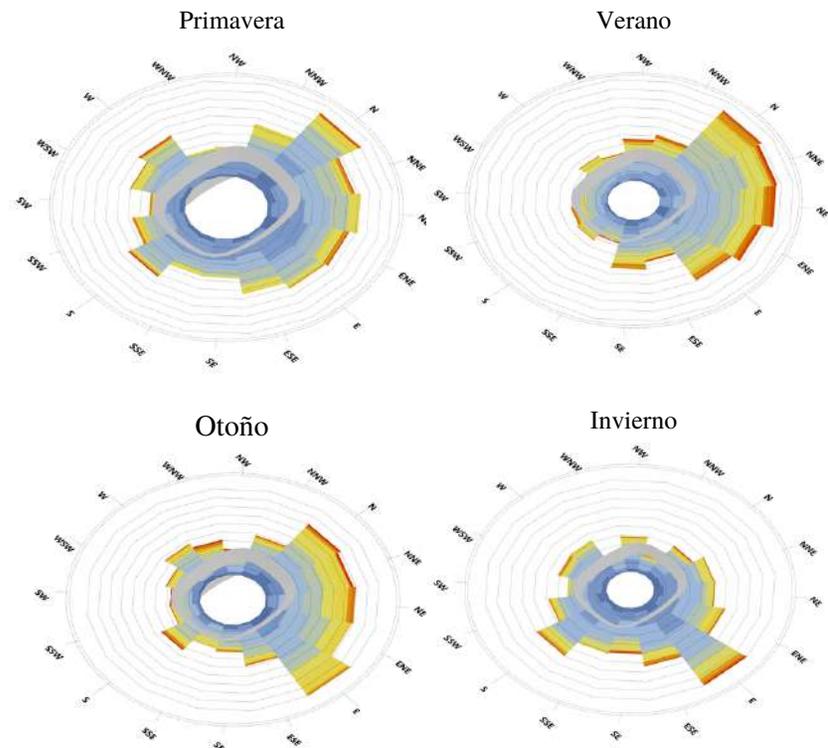


Imagen 119.(2021) Rosa de los vientos por estación. Elaboración propia.

Diagrama de rosa de los vientos.

Lugar de análisis: Naucalpan de Juarez, Edo. de México - 2015

Periodo de análisis: Estaciones

4.5.3.- Rosa de radiación.

En el caso de la radiación podemos ver que en estaciones calurosas predomina en las zonas este y oeste, y una parte en el sur, mientras que en estaciones templadas predomina únicamente el sur, por lo que la fachada tendra que proteger de los rayos solares y del viento en la zona este-oeste, y proteger únicamente de la radiación en las zonas norte-sur, permitiendo el flujo adecuado del viento. Bajo estas premisas, y la información cuantificada del clima se procederá a desarrollar la geometría inicial para su optimización.

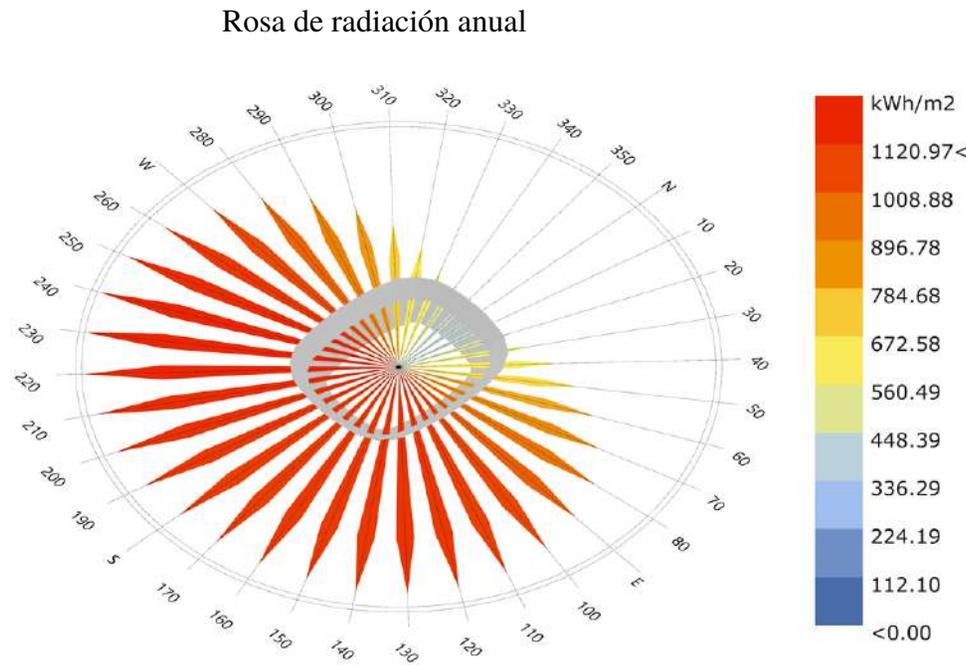


Imagen 120.(2021) Rosa de radiación. Elaboración propia.

Diagrama de rosa de radiación.

Lugar de análisis: Naucalpan de Juárez, Edo. de México - 2015

Periodo de análisis: Anuales

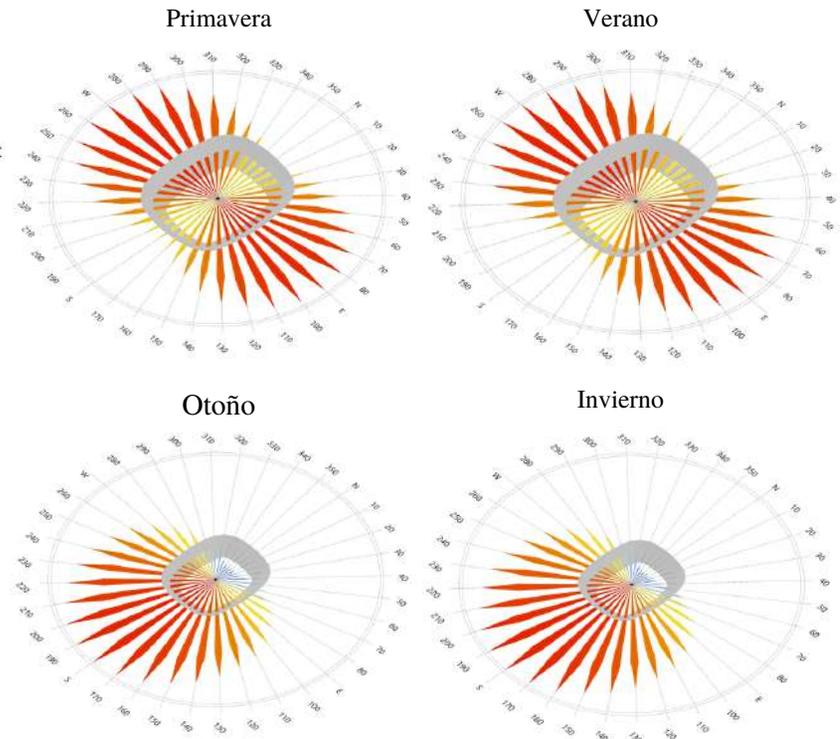


Imagen 121.(2021) Rosa de radiación por estación. Elaboración propia.

Diagrama de rosa de radiación.

Lugar de análisis: Naucalpan de Juárez, Edo. de México - 2015

Periodo de análisis: Estaciones

4.6.- Primer análisis de radiación: Impacto sobre el graderío. Resultado del análisis.

La principal razón de este análisis es justificar el uso de cubiertas en espacios exteriores y sobre todo en graderíos de espectáculos deportivos, como se ha mencionado al principio del documento, la exposición a la radiación constante no solamente genera disconformidad en los usuarios, si no que también puede ocasionar problemas de salud como el cáncer de piel. Incluir una cubierta tradicional en los estadios disminuye hasta en un 81.16% de radiación sobre los espectadores, tomando en cuenta una análisis de exposición anual, para lograr una disminución del 100.0% es necesario tener una cubierta completamente cerrada para impedir el acceso de radiación directa a los espectadores y jugadores, pero es una respuesta poco económica que no se ha desarrollado en el país por la misma razón.

Resultado de análisis de radiación al graderío.

Graderío sin cubierta - Resultados anuales

Superficie total = 49,580 metros cuadrados.

Radiación global = 8.5904 e+7

Radiación por m2 = 1732.64 kWh/m2

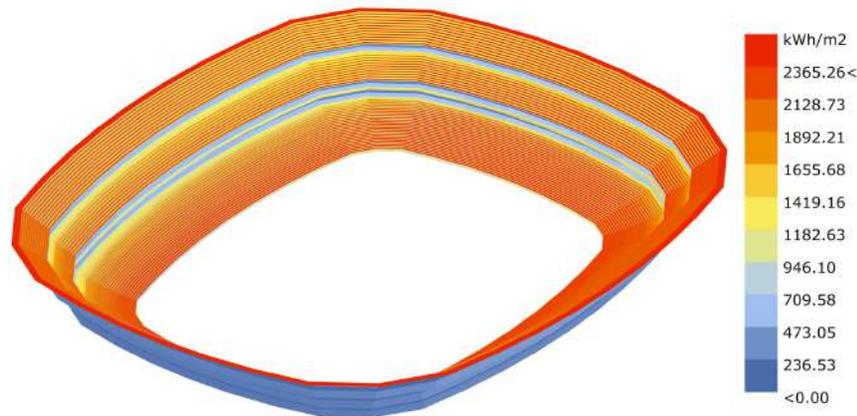


Imagen 122.(2021) Análisis de radiación en graderío sin cubierta. Elaboración propia.

Resultado de análisis de radiación al graderío.

Graderío con cubierta - Resultados anuales

Superficie total analizada = 49,580 metros cuadrados.

Superficie de cubierta = 33,447.51 metros cuadrados.

Radiación global = 1.5582 e+7

Radiación por m2 = 314.3 kWh/m2

Disminución de radiación a espectadores en un 81.16 %

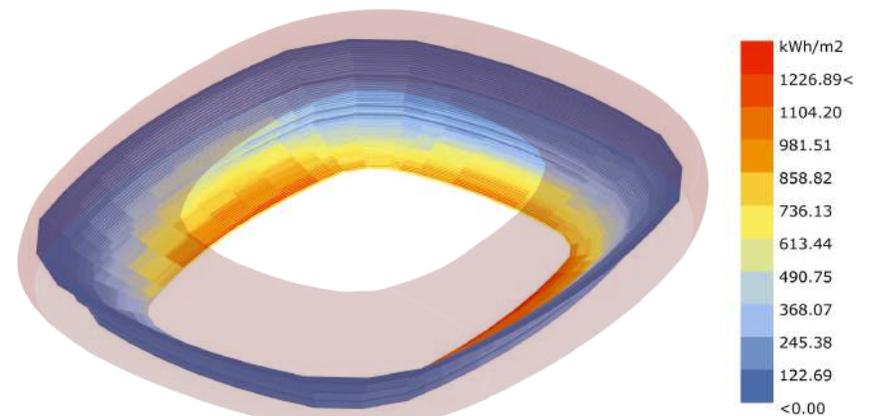


Imagen 123.(2021) Análisis de radiación en graderío con cubierta. Elaboración propia.

Antes de desarrollar una geometría inicial para el análisis y optimización de la cubierta se estudiarán los distintos tipos de superficies (Superficie plana, de curvatura simple y de doble curvatura) para seleccionar y trabajar con ella.

A pesar de que las superficies de cubierta de estos análisis corresponden al volumen real del proyecto, su forma es meramente ilustrativa para entender el comportamiento de las distintas superficies respecto a la radiación incidente sobre ellas en el sitio específico.

Este será un análisis cuantitativo, que busca determinar la superficie que recibe menos cantidad de radiación y que su desarrollo requiere la menor cantidad de metros cuadrados.

Análisis de radiación.

Lugar de análisis: Naucalpan de Juárez, Edo. de México - 2015

Periodo de análisis: 1 Enero 6:00 am - 31 Diciembre 20:00 pm

4.7.1.- Superficie plana

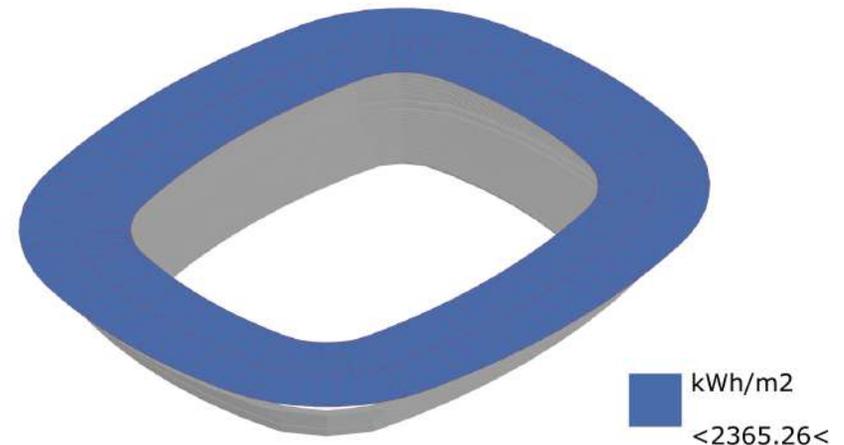


Imagen 124.(2021) Análisis de radiación en superficie plana. Elaboración propia.

Resultados Anuales

Superficie a cubrir = 23,000.00 metros cuadrados.

Superficie total = 23,000.00 metros cuadrados.

Radiación total = 54,414,201.00 kWh

Radiación promedio por m2 = 2365.26 kWh/m2



Imagen 125.(2021) Análisis de radiación en superficie plana en vista frontal. Elaboración propia.

Vista Frontal

4.7.2.- Superficie de curvatura simple

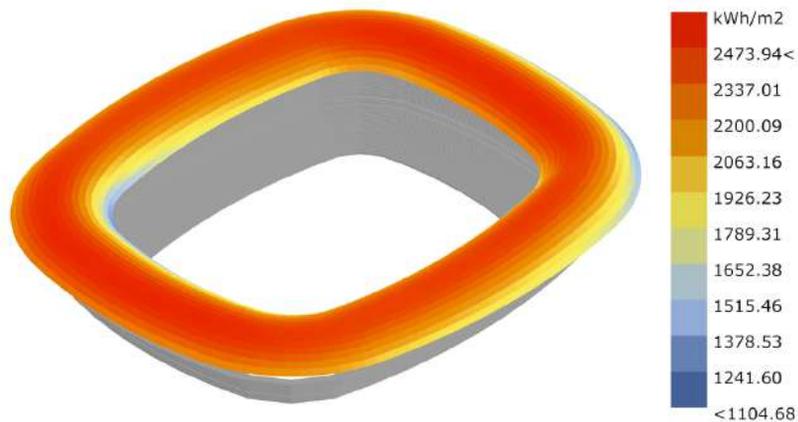


Imagen 126.(2021) Análisis de radiación en superficie de curvatura simple. Elaboración propia.

Resultados Anuales

Superficie a cubrir = 23,000.00 metros cuadrados.

Superficie total = 26,760.00 metros cuadrados.

Radiación total = 56,369,008.00 kWh

Radiación promedio por m2 = 2106.44 kWh/m2



Imagen 128.(2021) Análisis de radiación en superficie de curvatura simple vista frontal. Elaboración propia.

Vista Frontal

4.7.3.- Superficie de doble curvatura

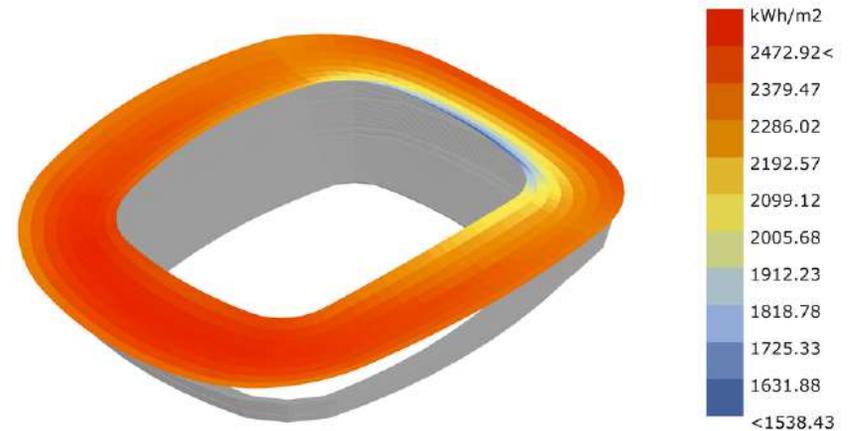


Imagen 127.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura. Elaboración propia.

Resultados Anuales

Superficie a cubrir = 23,000.00 metros cuadrados.

Superficie total = 24,308.00 metros cuadrados.

Radiación total = 53,124,460.00 kWh

Radiación promedio por m2 = 2209.98 kWh/m2

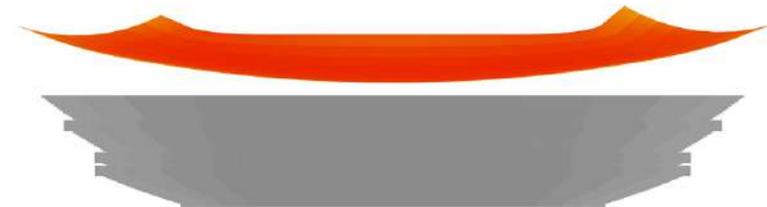


Imagen 129.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura vista frontal. Elaboración propia.

Vista Frontal

4.7.4.- Conclusión parcial:

Considerando la premisa inicial planteada en este capítulo, la superficie plana presenta la menor superficie en metros cuadrados y al mismo tiempo, la mayor radiación promedio por metro cuadrado, argumento que va en contra del trabajo, por lo cual es descartada como una opción, considerando que la radiación es uniforme sobre la superficie, por lo que el sistema pasivo tendría que ser integrado en su totalidad y no en áreas estratégicas de la cubierta.

El segundo caso corresponde a una superficie de curvatura simple (Cubierta similar al Estadio Omnilife) reaccionando de una mejor manera a la radiación y su distribución sobre su superficie, a pesar de esto, posee 3,760 metros cuadrados más de superficie de cubierta, elevando el costo de construcción y mantenimiento.

La propuesta que equilibra estos puntos es la tercera, donde su superficie es 9.16% menor y 4.68% mayor en su captación de radiación respecto a la mejor propuesta térmica, y comparándola con la primera tiene 5.38% más superficie pero una disminución en su radiación global de 6.56%. Determinando que en una relación de metros cuadrados y kWh (resultados anuales), las superficies de doble curvatura tienen un mejor comportamiento en el sitio, por lo que se proceda a diseñar toda la envolvente del proyecto con las mismas.

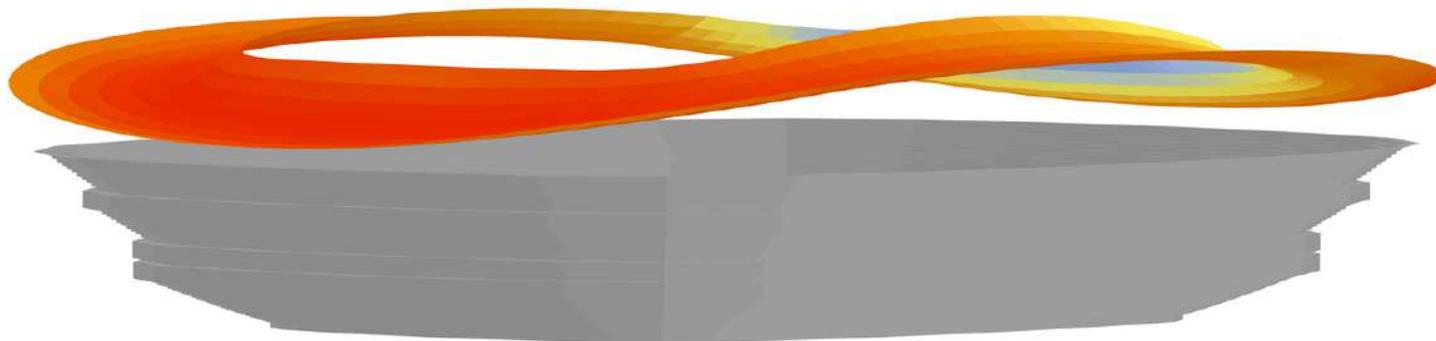
Vista en perspectiva

Imagen 130.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura vista en perspectiva. Elaboración propia.

Resultado del análisis.

Este análisis nos permite entender la temperatura y su punto de equilibrio o confort respecto a una cubierta y su objetivo de sombreado, determinando que áreas contribuyen a la deseabilidad de la sombra y cuales no. La visualización de estos resultados es generada con una malla coloreada de la sombra que ilustra el efecto neto de sombreado, una mayor saturación de azul indica que es muy conveniente sombrear la celda, es decir que la colocación de un panel o elemento protector es necesaria. Una mayor saturación de rojo indica que sombrear la celda no es tan conveniente, por ende, su relación costo-beneficio es nula. Las celdas desaturadas indican que el sombreado de la celda tendrán un efecto relativamente pequeño sobre el confort térmico. De acuerdo al análisis, la cubierta en general presenta un comportamiento eficiente al no tener zonas de color marrón - rojo, de tenerlas será necesario eliminar estos paneles ya que no contribuyen a un equilibrio térmico aumentando el costo de la construcción sin aumentar el beneficio energético.

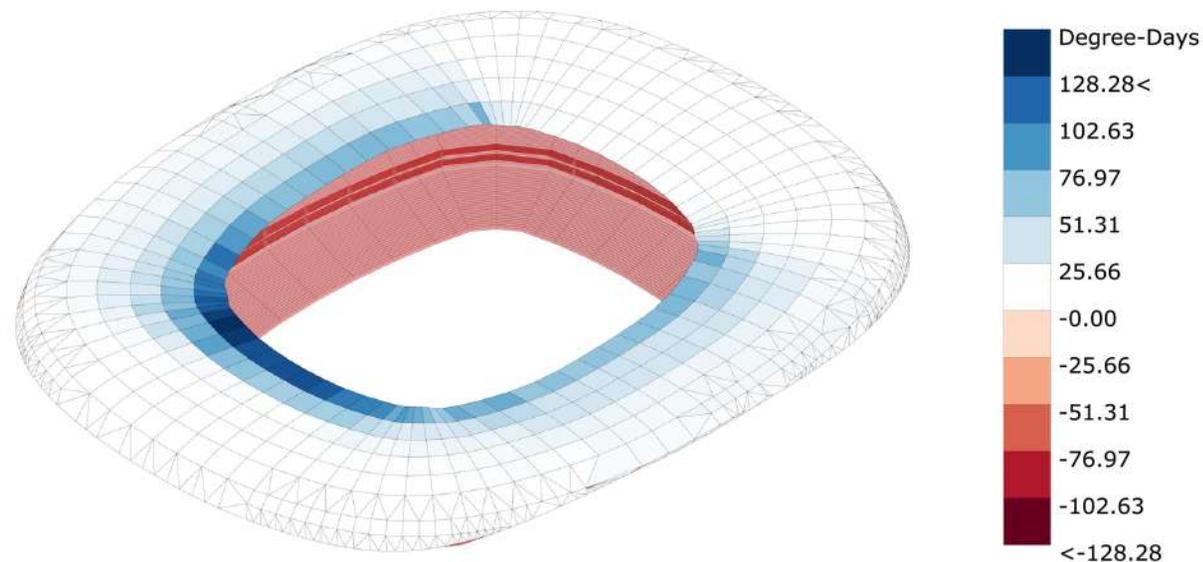
Diagrama de análisis de beneficio de sombra

Imagen 131.(2021) Diagrama de análisis de beneficio de sombra. Elaboración propia.

Geometría inicial para los análisis.

Diseñando el graderío y su capacidad ya antes mencionada con el plugin *Bowl Builder* se determinan las curvas principales sobre las cuales se optimizará la forma, las cuales son las siguientes.

A) Curva inferior

- Diámetro menor = 198.69 metros.
- Diámetro mayor = 231.62 metros.
- Perímetro = 717.88 metros.

B) Curva superior

- Diámetro menor = 208.62 metros.
- Diámetro mayor = 243.20 metros.
- Perímetro = 753.77 metros.

C) Curva central

- Diámetro menor = 119.21 metros.
- Diámetro mayor = 138.97 metros.
- Perímetro = 430.73 metros.

Distancia entre curva b y c = 48.54 metros.

Altura entre curva a y b = 29.0 metros.

Bajo estos parámetros se desarrollará la doble curvatura y la optimización, cabe mencionar que los puntos de control estarán ubicados a cada 12.0 metros teniendo una correspondencia estructural para poder ser construido.

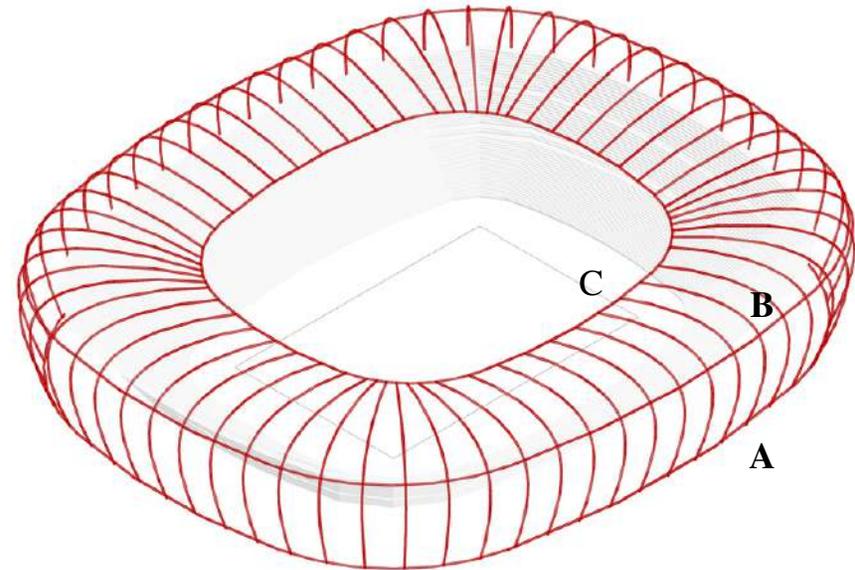
Vista en perspectiva

Imagen 132.(2021) Geometría inicial para los análisis vista en perspectiva. Elaboración propia.

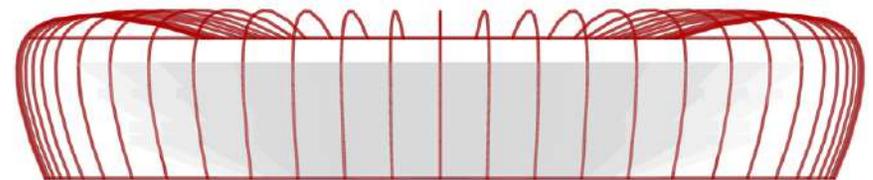
Vista frontal

Imagen 133.(2021) Geometría inicial para los análisis vista frontal. Elaboración propia.

4.10.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (*Form finding*)

4.- Optimización ambiental

Para esta etapa de optimización, se realizó un *form finding* ambiental a la cubierta, ya que con el cambio de curvatura de la misma se conseguían diferentes comportamientos energéticos de la misma. El dominio de los valores o parámetros que influyeron en la definición del algoritmo genético de optimización fueron los siguientes:

A) Curva superior (Considerando que la ecuación de la curvatura de la superficie es " $(\cos(x)*y+y)+z$ " donde "z" es la altura de la curva, "y" es el factor de curvatura y "x" es el rango de la curvatura).

- Dominio de la altura de la curva: de 20.0 a 30 metros.
- Factor de curvatura: de 4 a 8.
- Rango de la curvatura: de π a 5π (3.14156 a 15.708).

B) Curva central (Considerando que la ecuación de la curvatura de la superficie es " $(\cos(x)*y+y)+z$ " donde "z" es la altura de la curva, "y" es el factor de curvatura y "x" es el rango de la curvatura).

- Dominio de la altura de la curva: de 30.0 a 40 metros.
- Factor de curvatura: de 0 a 8.
- Rango de la curvatura: de π a 5π (3.14156 a 15.708).
- Abertura de la cubierta (Óculo del estadio): de 50% a 60% de abertura.

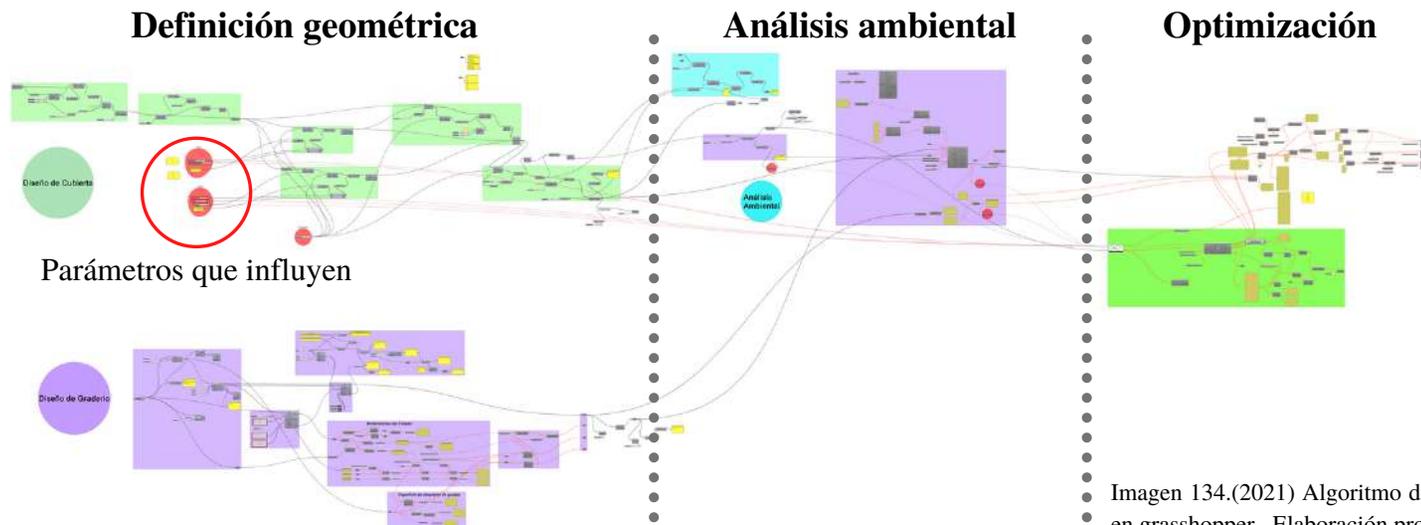


Imagen 134.(2021) Algoritmo de optimización ambiental en grasshopper. Elaboración propia.

4.10.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (*Form finding*) 4.- Optimización ambiental

Una vez definido los parámetros que influyen en el algoritmo, es importante también definir los objetivos que buscará el mismo, los cuales serán los siguientes:

1. Área de cubierta: valor a disminuir.
2. Radiación total sobre la cubierta: valor a disminuir.
3. Radiación sobre m2: valor a disminuir (Se agrega este objetivo para asegurar que la optimización trabaje correctamente, redundando en las soluciones que tengan un mejor comportamiento energético).

Una vez dentro del optimizador, se trabajó con una población total de 800 individuos o posibles soluciones, divididos en 40 generaciones con 20 individuos cada una, es decir que se tomarán los mejores atributos y se aplicarán a los siguientes 20 hasta llegar a la última generación, considerada la que tiene mejores resultados de acuerdo a los objetivos planteados. La optimización se llevó a cabo en 2 horas y 57 minutos, un total de 177 minutos, es decir que cada opción analizada tardó únicamente 13.275 segundos.

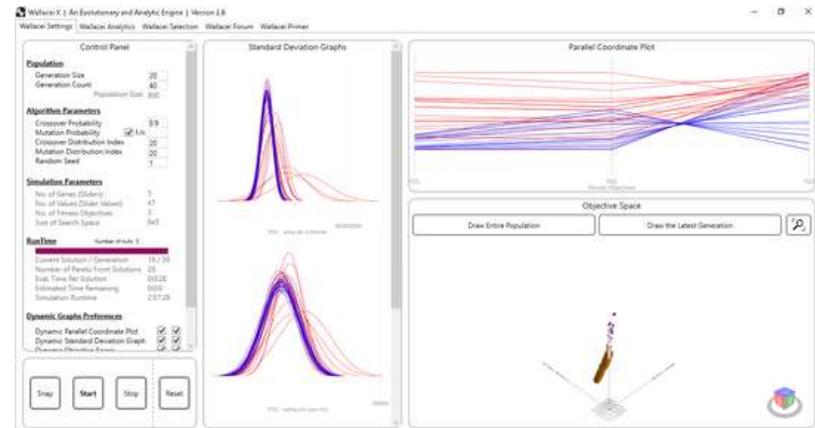


Imagen 135.(2021) Configuración de wallacei para la optimización. Elaboración propia.

Gráfico de desviación estándar - Radiación Total (kwh)

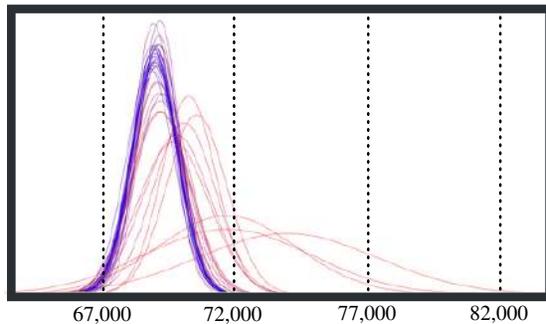


Gráfico de desviación estándar - Área (m2)

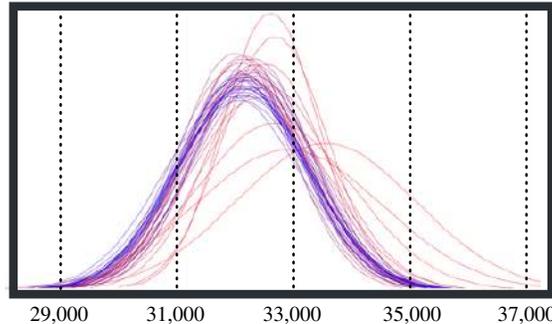
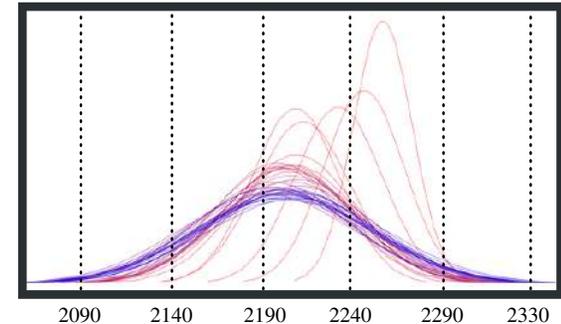


Gráfico de desviación estándar - Radiación por m2 (kWh/m2)



4.10.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (*Form finding*)

De las 20 mejores soluciones para este problema arrojadas por el algoritmo genético de optimización, se escogió la opción numero 16, ya que de acuerdo a los criterios es la cubierta con menor área y mejor comportamiento ante la radiación. Los parámetros de esta solución son los siguientes:

A) Curva superior

- Dominio de la altura de la curva: de 28.0 metros.
- Factor de curvatura: 6.0
- Rango de la curvatura: de π a 5π (3.14156 a 15.708).

B) Curva central

- Dominio de la altura de la curva: de 32.0 metros.
- Factor de curvatura: de 7.0.
- Rango de la curvatura: de π a 5π (3.14156 a 15.708).
- Abertura de la cubierta (Óculo del estadio): 60% de apertura.

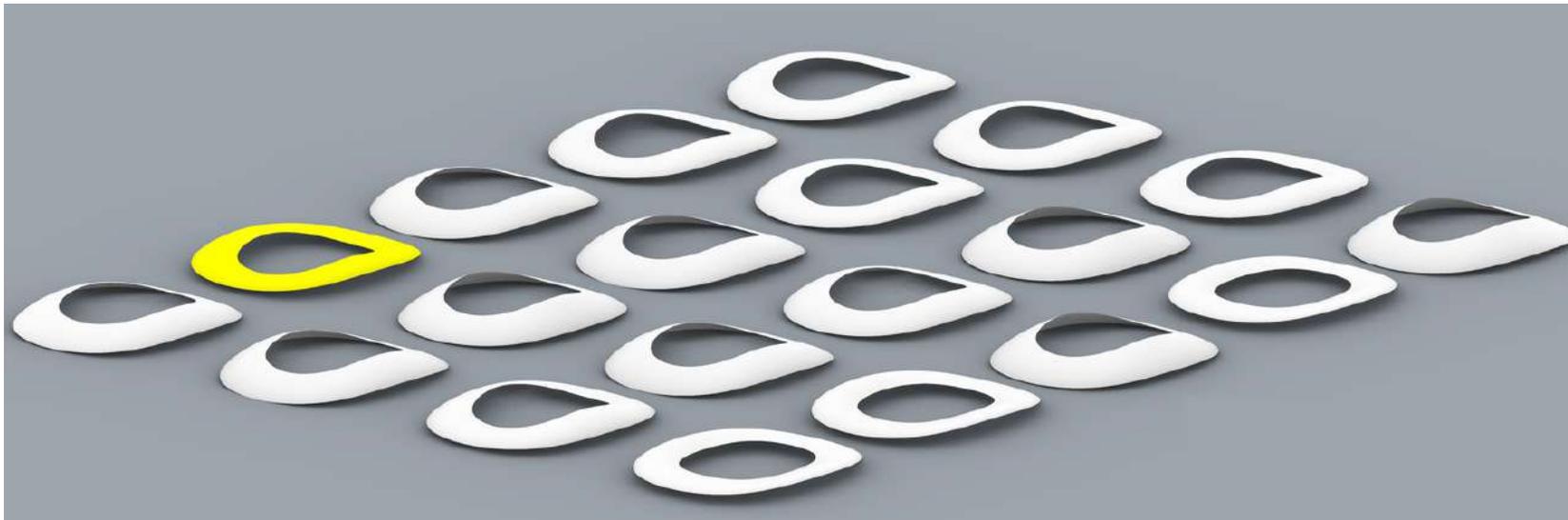
Ultima generación de resultados optimizados

Imagen 136.(2021) Ultima generación de resultados optimizados. Elaboración propia.

4.10.- Cuarto análisis: Optimización de la forma por radiación (*Form finding*)

4.- Optimización ambiental

Un factor importante para la elección del resultado final de la optimización es el gráfico de objetivos de diamante (*Diamond Fitness Chart*), en este gráfico se puede tabular la relación de los resultados de los objetivos, buscando siempre que el área o el tamaño de la forma generada sea el menor posible cuando se busque minimizar un valor. Para este caso en específico, estamos trabajando con 3 objetivos a optimizar, por lo cual, la figura generada será un triángulo, también se puede apreciar en estos gráficos si hay un o más objetivos predominantes, es decir que su valor de escala sea menor al de los demás, esto puede funcionar para situaciones donde existan múltiples objetivos pero algunos sean más importantes que otros. En este proyecto, se busca un equilibrio de los tres objetivos, es por eso que escogemos la solución más equilibrada posible en nuestros dos objetivos principales: el área de la cubierta y la radiación total sobre la misma, el tercer objetivo es un complemento de los otros dos, y solo es un valor de referencia. Exportando los parámetros (considerados las cualidades del fenotipo) corremos un segundo análisis con los valores obtenidos para corroborar resultados y verificar que no exista algún error en la interpretación de los resultados.

Análisis de radiación anual - Diamond fitness chart

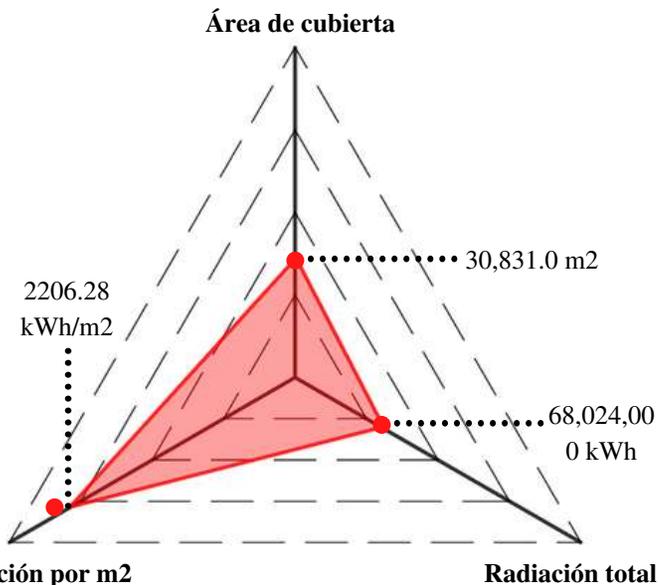


Imagen 137.(2021) Diamond fitness chart. Elaboración propia.

Análisis de radiación anual

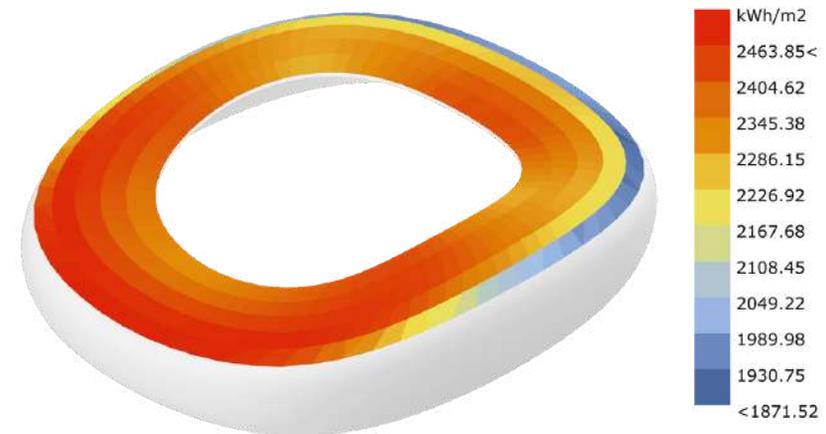


Imagen 138.(2021) Análisis de radiación anual en propuesta elegida. Elaboración propia.

Resultados anuales de la cubierta

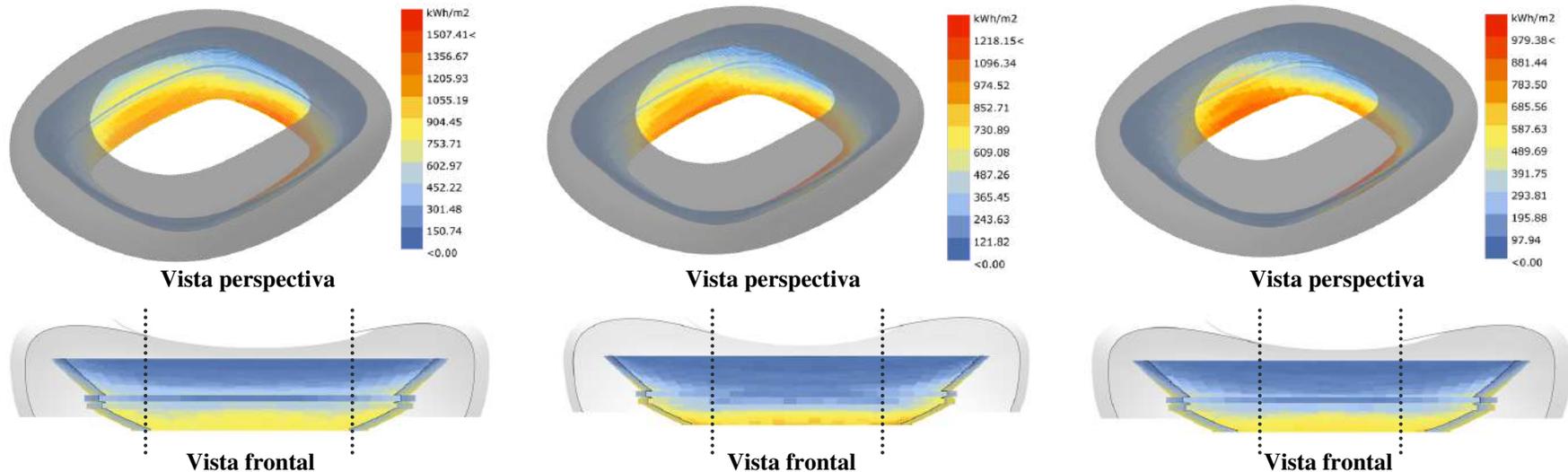
Superficie total = 30,831.00 metros cuadrados.

Radiación total = 68,024,000.00 kWh

Radiación promedio por m² = 2206.28 kWh/m²

Dimensionamiento de la apertura de la cubierta.

Es importante mencionar que uno de los principales factores que influyen sobre la radiación en las gradas es la abertura de la cubierta. Definimos la superficie de cubierta como un primer paso, considerando necesario este segundo paso para explorar más a fondo la relación antes mencionada. De acuerdo a los análisis realizados y sus gráficos expresados a continuación, la disminución de la abertura en un 5% equivale a un aumento de aproximadamente 2,625.0 metros cuadrados y una reducción de la radiación del 4%. Bajo este criterio escogemos la segunda opción para llegar a una reducción del 84.76% de la radiación sobre las gradas, una abertura menor significaría claros más largos a cubrir y una estructura más robusta, por lo que nos iremos a un valor intermedio.



Graderío con cubierta - Resultados anuales

Superficie total analizada = 49,580 metros cuadrados.

Superficie de cubierta = 30,831.00 metros cuadrados.

Radiación global = 1.7021 e+7

Radiación por m2 = 343.3 kWh/m2

Apertura del óculo: 60%

Disminución de radiación: 80.18 %

Graderío con cubierta - Resultados anuales

Superficie total analizada = 49,580 metros cuadrados.

Superficie de cubierta = 33,597.00 metros cuadrados.

Radiación global = 1.3129 e+7

Radiación por m2 = 263.99 kWh/m2

Apertura del óculo: 55%

Disminución de radiación: 84.76 %

Graderío con cubierta - Resultados anuales

Superficie total analizada = 49,580 metros cuadrados.

Superficie de cubierta = 36,140.00 metros cuadrados.

Radiación global = 9.956 e+6

Radiación por m2 = 200.80 kWh/m2

Apertura del óculo: 50%

Disminución de radiación: 88.41 %

Los siguientes dos análisis se aplicarán sobre las circulaciones del estadio, la metodología aquí planteada es aplicable a cualquier espacio y proyecto arquitectónico, solamente que se realizará en las circulaciones por los alcances de este trabajo. El principal motivo de estos análisis es encontrar la mejor solución en fachada y como influye esta sobre los espacios de circulación, cabe mencionar que no se buscará una forma distinta, si no, un sistema de protección solar mediante louvers horizontales, partiendo de un esquema tradicional de colocación, estudiando si un acomodo aleatorio puede tener mejores resultados disminuyendo la cantidad de metros lineales de louvers a utilizar. Consideramos también importante, tener como punto de partida un análisis sin los elementos de protección para tener un verdadero porcentaje del beneficio que se tiene del mismo.

Resultados de radiación anual sin louvers

Radiación global = 4.1068×10^7 Kwh

Área de circulaciones = 53,277.27 metros cuadrados.

Radiación por m² = 770.84 Kwh/m²

Sección en perspectiva sin louvers tradicionales.

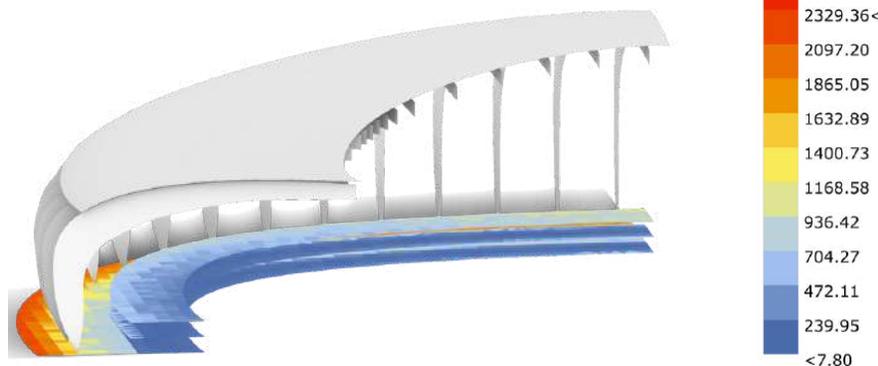


Imagen 139.(2021) Sección en perspectiva sin louvers. Elaboración propia.

Resultados de radiación anual con louvers

Radiación global = 3.0133×10^7 Kwh

Área de circulaciones = 53,277.27 metros cuadrados.

Radiación por m² = 565.57 Kwh/m²

Sección en perspectiva con louvers tradicionales.

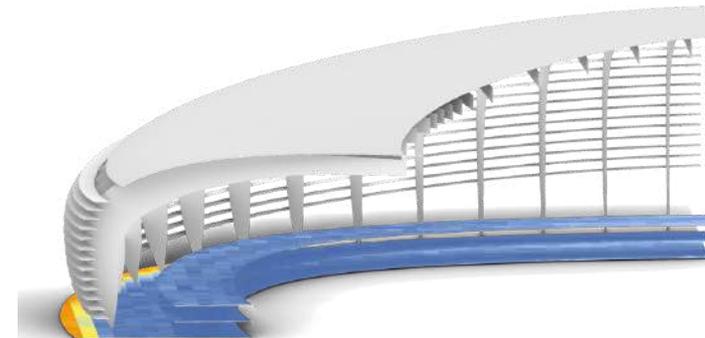


Imagen 140.(2021) Sección en perspectiva con louvers tradicionales. Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de radiación, la cubierta principal del estadio absorbe y protege tanto las gradas como las circulaciones, el amortiguamiento causado por los louvers horizontales no es despreciable ya que ayuda a disminuir un 26.62% de la radiación global.

Dimensiones de louvers horizontales con un acomodo tradicional:

Longitud total: 10,629.09 metros.

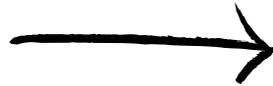
Profundidad: 3.0 metros.

Área total = 31,520.78 metros cuadrados.

Superficie analizada: 53,277.27 metros cuadrados.

Elementos de protección solar

Louvers horizontales con un acomodo tradicional continuo.



Superficie de análisis

Áreas de circulación horizontal perimetral del estadio.



Axonométrico explotado del estadio con louvers

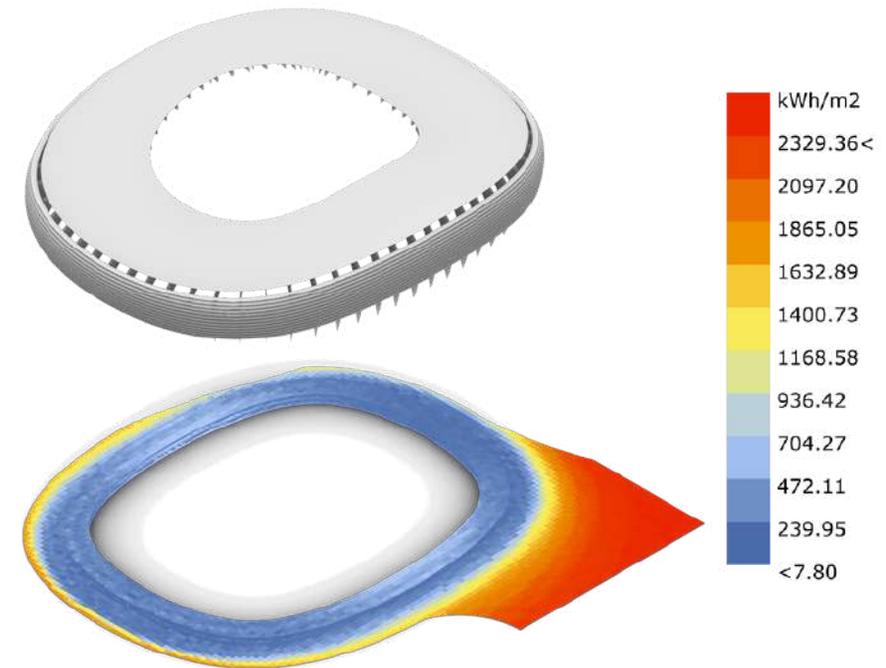


Imagen 141.(2021) Axonométrico explotado con análisis de radiación. Elaboración propia.

Se analizarán 9 propuestas de acomodo aleatorio de louvers para estudiar si existen opciones que tengan un rendimiento parecido o superior al acomodo tradicional utilizando menor cantidad de material. Por cuestiones practicas en cada tipo de análisis se mostrará la mejor solución, incluyendo todos los resultado en la "Tabla 4.4 - Resumen de resultados" para verificar si la mejor opción de cada análisis coincide o son diferentes.

Tabla 20. Resumen de resultados - análisis de radiación sobre circulaciones.

	Metros lineales de louvers	Radiación global	Radiación por m2	Rendimiento de louvers sobre radiación global
Sin protección	0.0 metros	4.1068 e+7 Kwh	770.84 Kwh/m	0.0 m/Kwh
Acomodo tradicional	10,629.09 metros	3.0133 e+7 Kwh	565.57 Kwh/m	3,527.39 m/Kwh
Propuesta 1	5,835.79 metros	3.2674 e+7 Kwh	613.30 Kwh/m	1,789.06 m/Kwh
Propuesta 2	4,571.38 metros	3.372 e+7 Kwh	632.90 Kwh/m	1,355.68 m/Kwh
Propuesta 3	5,696.77 metros	3.2914 e+7 Kwh	617.80 Kwh/m	1,730.80 m/Kwh
Propuesta 4	5,336.10 metros	3.3331 e+7 Kwh	625.60 Kwh/m	1,600.94 m/Kwh
Propuesta 5	5,812.18 metros	3.2782 e+7 Kwh	615.30 Kwh/m	1,772.97 m/Kwh
Propuesta 6	5,302.19 metros	3.3032 e+7 Kwh	620.00 Kwh/m	1,605.16 m/Kwh
Propuesta 7	5,496.56 metros	3.2932 e+7 Kwh	618.12 Kwh/m	1,669.06 m/Kwh
Propuesta 8	4,707.51 metros	3.3397 e+7 Kwh	626.85 Kwh/m	1,409.56 m/Kwh
Propuesta 9	5,377.85 metros	3.3225 e+7 Kwh	623.62 Kwh/m	1,618.16 m/Kwh

Para este primer caso podemos observar que la "Propuesta 1 y 2" cumplen mejor con los objetivos planteados, demostrando tener una mejor eficiencia respecto al acomodo tradicional, entendemos la eficiencia del sistema de protección como la relación de metros de louvers por Kwh, entre menor sea el número mayor eficiencia tendrá el sistema, ya que se necesitamos menos material para estar dentro del rango de radiación, de acuerdo a la información obtenida en los análisis, todas las propuestas con un acomodo aleatorio de louvers son más eficientes que el acomodo tradicional, esto no quiere decir que el acomodo tradicional sea un error, simplemente que posee elementos de más para cumplir la misma función.

Comparación de la propuesta 1 y la propuesta 2:

Metros de louvers: La propuesta 2 tiene un 21.66% de metros menor que la propuesta 1.

Radiación global: La propuesta 1 tiene un 3.10% de radiación menor que la propuesta 2.

Radiación por m2: La propuesta 1 tiene un 3.09% de radiación por m2 menor que la propuesta 2.

Rendimiento: La propuesta 2 tiene un 24.25% de mejor rendimiento que la propuesta 1.

Sumando los porcentajes de los 4 objetivos, la propuesta 2 es mejor que la propuesta 1 en un 88.11%.

Resultados de radiación anual propuesta 2

Radiación global = 3.372×10^7 Kwh

Área de circulaciones = 53,277.27 metros cuadrados.

Radiación por m2 = 632.90 Kwh/m2

Propiedades de louver.

Longitud total de louvers: 4,571.38 metros.

Profundidad de louver: 3.0 metros.

Vista en perspectiva - Propuesta 2

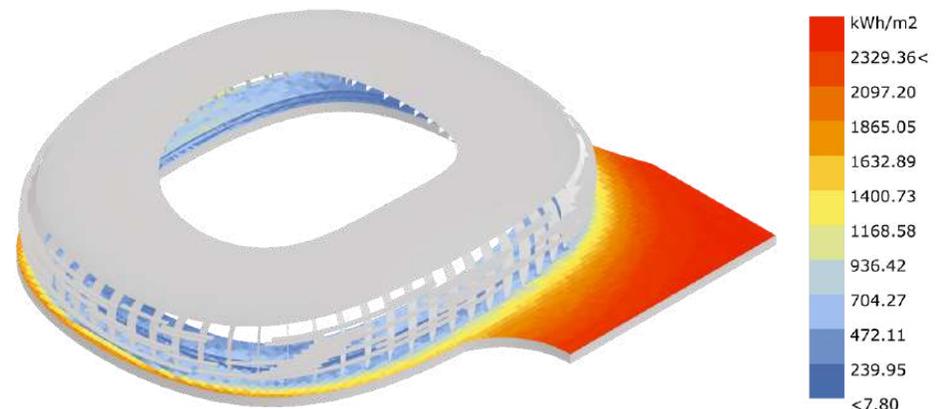


Imagen 142.(2021) Análisis de radiación de la propuesta 2. Elaboración propia.

Comparación de la propuesta 2 y el acomodo tradicional:

Metros de louvers: La propuesta 2 tiene un 56.99% menos de metros que el acomodo tradicional.

Radiación global: El acomodo tradicional tiene un 10.63% de radiación menor que la propuesta 2.

Radiación por m2: El acomodo tradicional tiene un 10.64% de radiación por m2 menor que la propuesta 2.

Rendimiento: La propuesta 2 tiene un 61.56% de mejor rendimiento que el acomodo tradicional.

Sumando los porcentajes de los 4 objetivos, la propuesta 2 es mejor que el acomodo tradicional en un 84.78%.

Concluyendo que la propuesta 2 presenta una mejor eficiencia y un menor costo por un amplio margen respecto al acomodo tradicional y al resto de las propuestas con valores aleatorios. Saturar de elementos no es siempre la mejor solución para crear un sistema de protección, para este caso específico en un lugar determinado para esta consideración, la propuesta 2 se muestra como la mejor solución dentro del dominio creado.

Es importante mencionar que a pesar de que la propuesta 2 tuvo excelentes resultados, seguir analizando el resto de las propuestas para determinar que no hay mejor solución y validarla. Seguiremos analizando todas las propuestas para ver su comportamiento con las otras características planteadas.

Vista en perspectiva - Acomodo tradicional

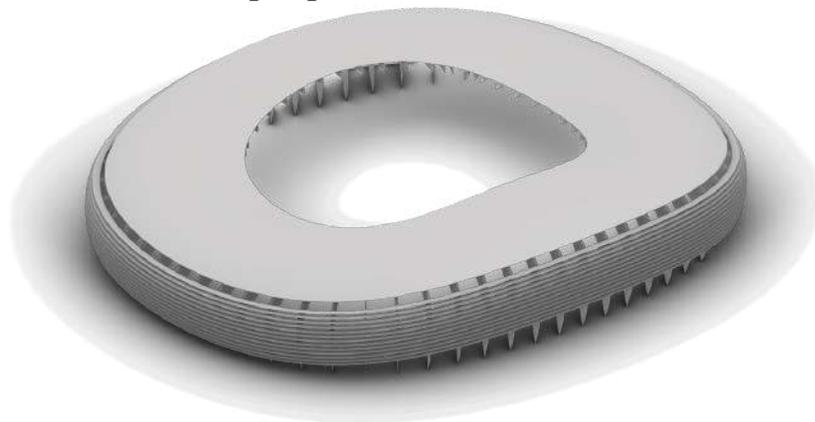


Imagen 143.(2021) Vista en perspectiva del acomodo tradicional. Elaboración propia.

Vista en perspectiva - Propuesta 2

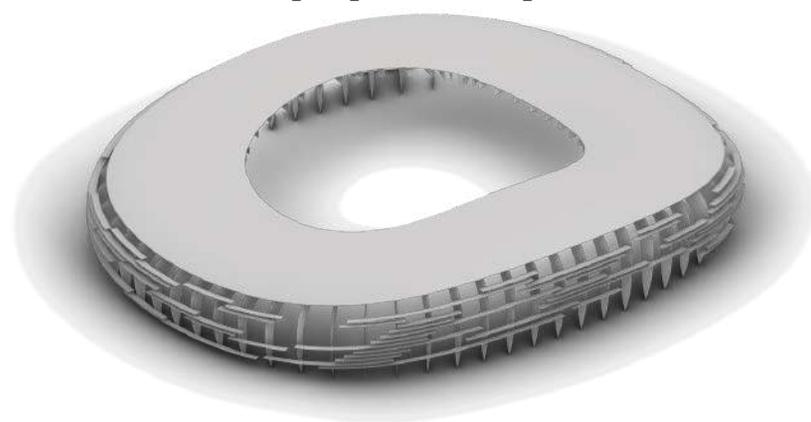


Imagen 144.(2021) Vista en perspectiva de la propuesta 2. Elaboración propia.

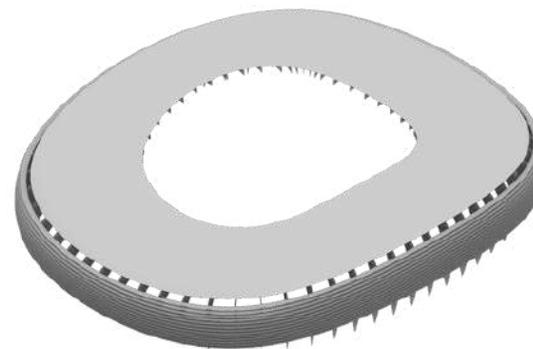
La importancia de la medición de las horas de luz solar recae principalmente en los aspectos lumínicos, eficiencia energética, y confort. Ya que la ausencia de horas de luz solar (ya sea directa o indirecta) provoca un uso mayor de iluminación artificial, de manera contraria, el exceso de la misma puede provocar deslumbramientos, afectando el confort de los usuarios en sus actividades cotidianas.

Continuando con la metodología, seguiremos analizando los mismos modelos para reafirmar o refutar la mejor propuesta que hasta el momento hemos encontrado, los parámetros para la elección de propuesta serán la minimización del uso de protectores solares y la maximización de horas de luz solar. por lo que deberá de superar ampliamente los resultados del acomodo tradicional obtenidos a en la Tabla 4.5, demostrando que la mejor propuesta es en realidad más económica y eficiente. Cabe mencionar que al tratarse de un análisis sencillo para circulaciones no será necesario realizar mapas de deslumbramiento, ampliamente recomendados para espacios de trabajo.

Análisis de horas de luz solar - resultado anual

Elementos de protección solar

Louvers horizontales con un acomodo tradicional continuo.



Superficie de análisis

Áreas de circulación horizontal perimetral del estadio.

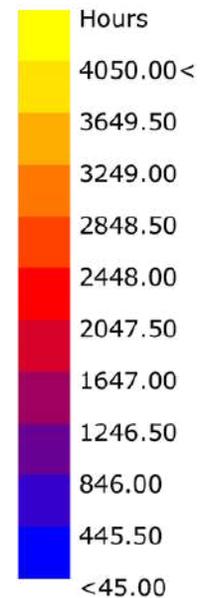
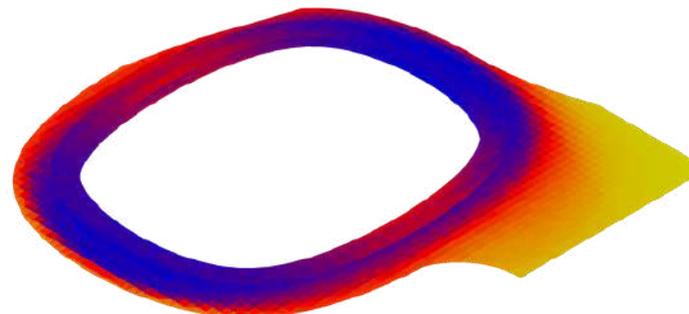


Imagen 145.(2021) Axonométrico explotado con análisis de horas de luz. Elaboración propia.

Tabla 21. Resumen de resultados - Análisis de horas de luz solar sobre circulaciones.

	Metros lineales de louvers	Horas de luz solar anual	Horas de luz solar por día	Metros de louvers sobre horas de luz solar
Sin protección	0.0 metros	4289.65	3.90	0.0
Acomodo tradicional	10,629.09 metros	3139.56	2.86	3,716.46
Propuesta 1	5,835.79 metros	3546.40	3.23	1,806.75
Propuesta 2	4,571.38 metros	3643.60	3.32	1,376.92
Propuesta 3	5,696.77 metros	3538.70	3.23	1,763.68
Propuesta 4	5,336.10 metros	3622.60	3.31	1,612.11
Propuesta 5	5,812.18 metros	3544.90	3.24	1,793.88
Propuesta 6	5,302.19 metros	3556.70	3.25	1,631.44
Propuesta 7	5,496.56 metros	3562.30	3.25	1,691.24
Propuesta 8	4,707.51 metros	3614.0	3.30	1,426.51
Propuesta 9	5,377.85 metros	3582.10	3.28	1,639.58

Resultados de horas de luz solar (Acomodo tradicional)

Metros lineales de louvers = 10,629.09

Horas de luz solar por año: 3139.56

Horas de luz solar por día promedio: 2.86

Resultados de horas de luz solar (Mejor propuesta)

Metros lineales de louvers = 4,571.38

Horas de luz solar por año: 3643.60

Horas de luz solar por día promedio: 3.32

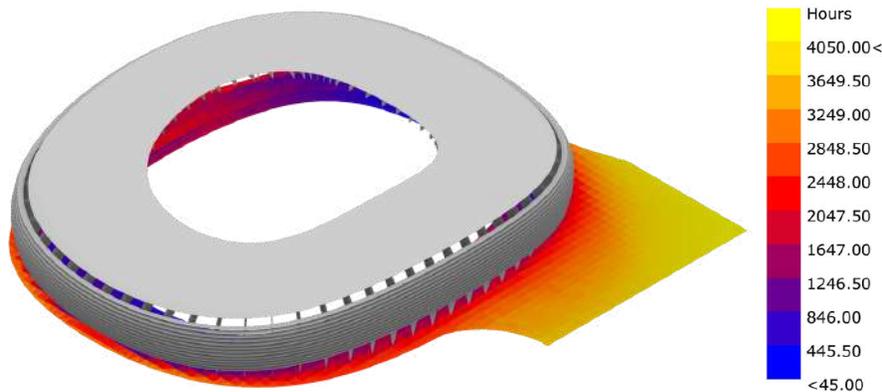
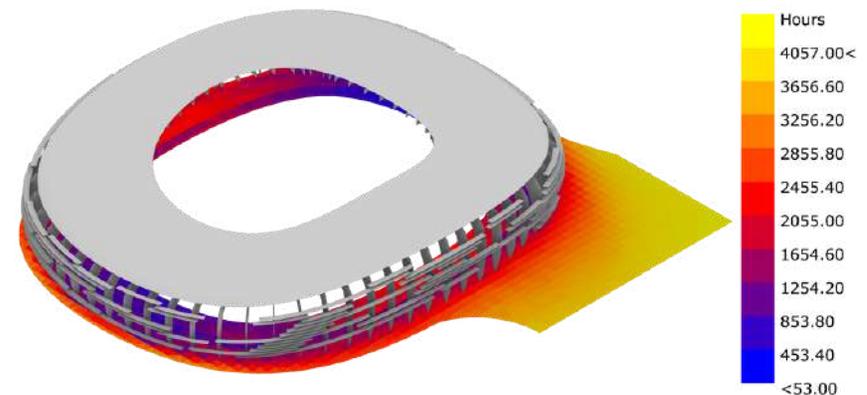
Perspectiva con louvers tradicionales.**Perspectiva con louvers - Propuesta 2**

Imagen 146.(2021) Análisis de horas de luz solar con acomodo tradicional. Elaboración propia. Imagen 147.(2021) Análisis de horas de luz solar de la propuesta 2. Elaboración propia.

Con un 43% menos de metros lineales de louvers se obtiene un 16.08% más de horas de luz solar, y una eficiencia global (metros de louvers / horas de luz solar) del 62.95%, por lo que se demuestra que la propuesta dos es más económica y eficiente que utilizar un acomodo tradicional.

Los resultados nos demuestran que no tenemos dos posibles soluciones a diferencia del quinto análisis, demostrando que la propuesta dos para este análisis específico es la mejor opción de todas las propuestas. En caso de que hubiera dos o más posibles soluciones donde los resultados sean casi idénticos, se podrán realizar análisis complementarios de otras variables para la elección final de la propuesta o podrá realizarse la selección por el criterio del diseñador, ya sea por estética, procedimiento constructivo, modularidad, etc.

Conclusión de la optimización ambiental:

En esta etapa de la investigación se trabajó la optimización ambiental en dos rubros principales. El primero fue el "form finding" a un nivel volumétrico, por las características y condicionantes del proyecto no se trabajó la orientación, aspecto que en otros proyectos puede resultar interesante, demostrando los beneficios ambientales de trabajar con superficies de doble curvatura, terminando con la racionalización de la misma, no se trataba de usar una superficie de doble curvatura cualquiera, sino utilizar una superficie que tuviera la menor área posible y cumpliera con todos los objetivos.

El segundo rubro principal fue el diseño óptimo de fachadas mediante un sistema de protección pasiva, su objetivo principal fue utilizar un acomodo aleatorio para encontrar la propuesta que tenga la mejor respuesta, removiendo elementos que no son indispensables o que no aportan a los objetivos planteados.

Se concluye con estos análisis que la propuesta dos es un 55% más económica (al utilizar menos material), con un rendimiento mayor de 61.56% de protección ante la radiación y aporta un 16.08% más de horas de luz solar, cumpliendo cabalmente con ser una mejor propuesta que el acomodo tradicional de elementos de protección solar tipo louvers el cual fue nuestro punto de partida y comparativa.

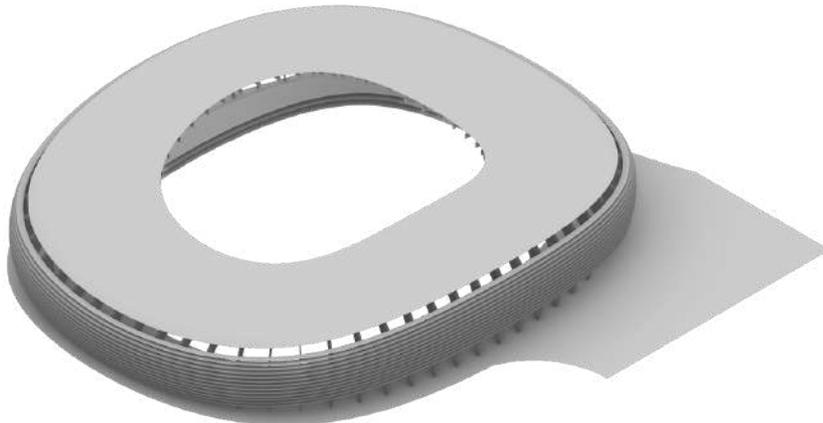
Propuesta con acomodo de louvers tradicional

Imagen 148.(2021) Vista en perspectiva del acomodo tradicional. Elaboración propia.

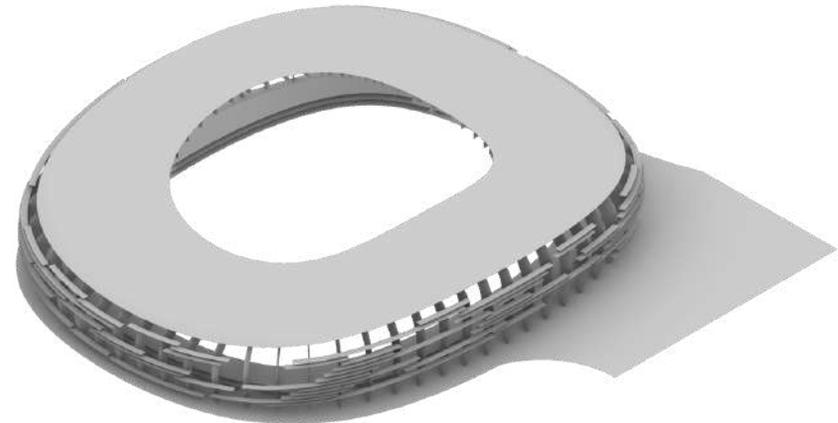
Propuesta 2 - Acomodo aleatorio de louvers

Imagen 149.(2021) Vista en perspectiva de la propuesta 2. Elaboración propia.

5.- OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL.



Es importante aclarar que desde el punto de vista teórico se explicarán todas las consideraciones necesarias para realizar una optimización estructural, estableciendo una metodología desglosada y sintetizada para resolver cualquier proyecto sin importar los requerimientos y objetivos particulares, pero debido a los alcances de este trabajo, se desarrollará únicamente la armadura tipo, misma que se le aplicará todas las reglamentaciones y normas mexicanas vigentes en cuanto a diseño por sismo y diseño por viento. Los resultados de la armadura tipo se replicarán en el resto del proyecto. Asimismo, es importante mencionar que el graderío del estadio y el edificio de estacionamiento serán analizados y diseñados sin considerar una optimización como la desarrollada en las armaduras de la cubierta. Para todos los análisis se usarán las siguientes normas y reglamentos mexicanos:

- Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE - Diseño por sismo, versión 2015.
- Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE - Diseño por viento, versión 2008.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, versión dic.2017.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero, versión dic.2017.

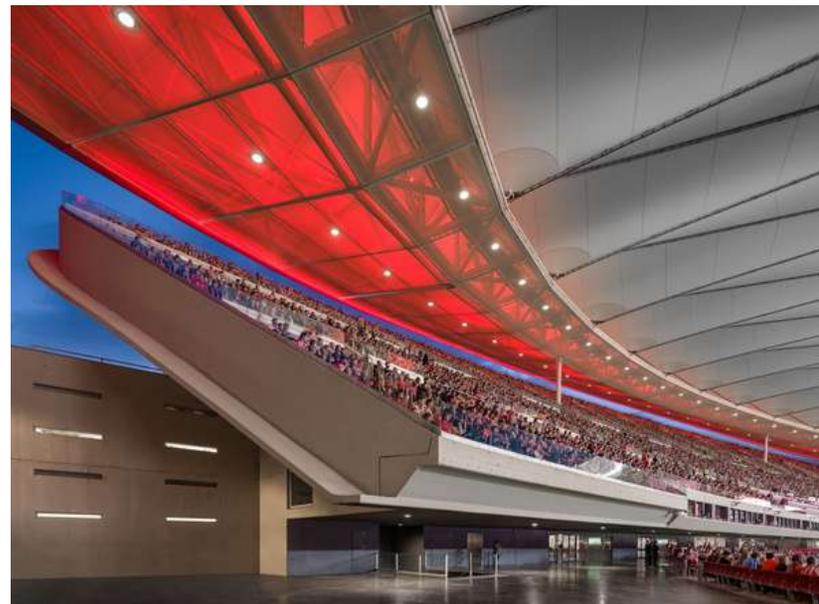


Imagen 150. (2017) Estadio Wanda Metropolitano interior. Recuperado de: <https://bit.ly/3r3gnfI>



Imagen 151. (2017) Estadio Wanda Metropolitano exterior. Recuperado de: <https://bit.ly/3r3gnfI>

Antes de hablar de optimización estructural es importante entender que es el diseño estructural. Podemos entender que el diseño estructural es determinar el tamaño o la sección de un miembro, ya sea columna, trabe, etc. Pero no es solamente eso, es también la topología de la estructura, la forma de los elementos, ante estas declaraciones podemos hacer las siguientes preguntas ¿Qué es lo que quiero optimizar de mi estructura? o más importante ¿Para que quiero optimizar mi estructura?.

Se abarca la optimización en este trabajo porque se considera como uno de los mejores caminos para llegar al mejor diseño estructural, pero... ¿Cuál es el mejor diseño? ¿Será el más económico, el más ligero, el más eficiente o el que contamine menos? Cada proyecto tiene necesidades estructurales diferentes y dependiendo por donde se aborde la optimización será el resultado, entendiendo claramente que rara vez hay un único diseño correcto.

Para poder analizar todas o casi todas las opciones posibles (y de ahí escoger la que mejor se acomode a las necesidades y limitantes del proyecto) de una estructura, es necesario hacer uso de los softwares de análisis estructural, ya que mientras un humano hace el análisis de una estructura a mano, la computadora puede analizar 20, 50 o hasta más de 100 en ese mismo tiempo. Auxiliándose sobre todo en Análisis de Elemento Finito (FEA por sus siglas en inglés) para comprender con exactitud el comportamiento de estructuras complejas, dejando de lado la labor del cálculo y priorizando la labor del arquitecto/ingeniero en el entendimiento, propuesta y retroalimentación de los modelos computacionales. Para un flujo de trabajo adecuado, se establecen dos tipos de análisis para cualquier sistema estructural dependiendo del alcance al que se quiera llegar.

1) Análisis previo o de estudio: Es aquel que te permite entender el comportamiento de la estructura, determinando cuáles son los elementos y zonas más conflictivas del proyecto a resolver. Así mismo, nos permite experimentar con diferentes sistemas estructurales, materiales y secciones. Normalmente en este análisis no se llega a un diseño definitivo de la estructura, solamente a manera de propuesta.

2) Análisis de validación: Es aquel análisis que sus resultados coinciden con la realidad, es decir, que el modelo computacional se comporta igual o muy aproximado a como se comportaría en la realidad, ajustando el análisis a las normas correspondientes de cada país, llegando al alcance de un proyecto ejecutivo con todos los detalles necesarios.

Normalmente consideramos a la optimización un paso entre los dos tipos de análisis, ya que las múltiples opciones estudiadas no es conveniente hacer un análisis exhaustivo y refinado ya que demoraría mucho tiempo en soluciones que no valen la pena, es por eso que una vez entendido los resultados y comportamientos globales de la estructura, se procederá a escoger el modelo que más se acerque a los requisitos del proyecto para realizar un análisis de validación, si el resultado no es el deseado se procederá a escoger otra opción de las antes estudiadas, considerando que los procesos iterativos son los que ofrecen una mejor retroalimentación, y a su vez, mejores resultados.

De acuerdo a Peter Debney en su libro "Computational Engineering" los tipos de optimización estructural se pueden clasificar en tres categorías: topología, forma y tamaño:

1. Optimización topológica: para estructuras discretas, como armaduras y marcos, busca el número óptimo de elementos y cómo están conectados. La optimización de la topología para toda la estructura incluirá la ubicación y número de columnas, direcciones de luz de vigas, tipos de estructuras y materiales.
2. Optimización de la forma: analiza las dimensiones generales y la forma de una estructura, incluidas las ubicaciones de sus nodos. La optimización de la forma es particularmente importante para las estructuras de solo tensión, pero también puede mejorar el rendimiento de armaduras y marcos similares.
3. Optimización de tamaño: el diseño óptimo se encuentra cambiando aspectos como los tamaños de sección de los miembros en armaduras y marcos, o el grosor de las placas en una viga.

Para hacer una optimización es recomendable hacer un Análisis de Elemento Finito (FEA) ya que este análisis de elementos finitos es preciso, realista, simple y útil. Este mismo análisis puede ser estático o dinámico, lineal o no lineal, implícito o explícito. Dependiendo de los alcances de cada proyecto. Para este caso se trabaja con Análisis Previos Estáticos no lineales y Análisis de Validación Dinámicos no lineales.

Sin importar el software para realizar los análisis estructurales es importante mencionar los elementos principales de un modelo estructural.

1. **Nodos:** Los nodos son los puntos de conexión de los elementos estructurales y registran las coordenadas.
2. **Elementos:** Los elementos son las vigas, pilares y piezas de losa o muro, que componen la estructura: estos son los llamados "elementos finitos". Los elementos están conectados en sus extremos, esquinas y otras ubicaciones mediante los nodos.
3. **Cargas:** Las cargas son las acciones sobre una estructura: el peso propio y la carga de los ocupantes, la excitación dinámica de el terremoto, el empuje del viento, etc. Mejor conocidas en México como Cargas Muertas (Permanentes), Cargas Vivas (Variables) y Cargas Accidentales.
4. **Apoyos:** Estos apoyos se conocen como "Condiciones de frontera" en muchos textos de *FEA* (Análisis de Elemento Finito), son puntos que establecemos para tener movimiento cero (traslación o rotación), o un movimiento restringido debido a la resistencia a la rigidez (conocido como "soporte de resorte"). Estos apoyos son necesarios para resistir las cargas aplicadas y así generar las reacciones necesarias.
5. **Restricciones:** Considerando primeramente y de acuerdo a la literatura las diferencias entre "*restraint*" y "*constraint*". La diferencia fundamental entre una "*constraint*" y "*restraint*" es que "*constraint*" es una restricción absoluta impuesta al cálculo, mientras que "*restraint*" es un sesgo energético que tiende a forzar el cálculo hacia una cierta restricción. Una restricción típica es un diafragma de piso, que hace que todos los nodos de piso se muevan juntos en el dirección horizontal, mientras que les permite moverse de forma independiente en la dirección vertical.
6. **Liberación de nodos:** En un modelo *FEA*, todos los elementos que comparten un nodo están conectados y transferirán todas las fuerzas y momentos. Modelando una conexión fija, requiere que agregue un momento de "liberación" en el extremo del elemento. Del mismo modo, puede crear una articulación de movimiento mediante el establecimiento de una liberación axial.

Una vez entiendo los elementos que conforman un sistema estructural, definiremos los sistemas estructurales y su configuración, estos sistemas estructurales se pueden clasificar como 3 formas principales:

- *Stick*: Las estructuras de este tipo son armazones y cerchas de acero, madera y concreto. Normalmente se pueden modelar con elementos 1D.
- *Shell*: Son sistemas construidos descritos por una superficie curva tridimensional, en las que una dimensión es significativamente menor en comparación a las otras dos, como lo son las cúpulas, losas y muros son las que entran en esta categoría. Estos sistemas tienen esfuerzos y deformaciones en solo dos dimensiones y por lo tanto se pueden modelar con elementos 2D o con rejillas de elementos 1D.
- *Mass*: Estos sistemas tienen esfuerzos significativos en todas las direcciones y por lo tanto requieren elementos 3D para su modelado y entender su comportamiento estructural. Los ejemplos incluyen bloques de anclaje, bases de turbinas eólicas y conexiones planas de losa a columna.

En este caso específico se utilizará un sistema de cerchas o armaduras para la solución estructural, considerando que con algunas excepciones, funcionan triangulando la estructura para que no se requiera doblar los elementos para lograr la estabilidad. Los elementos de barra son excelentes para estos modelos ya que su falta de grados de libertad de flexión significa que la estructura trabajará bajo carga axial pura. Estos elementos de barra se convertirán en un sistema de viga en celosía donde los miembros son continuos, asemejando la realidad de la estructura final.

Es importante recalcar que es necesario comprobar el pandeo general de los miembros, así como el pandeo local y lateral por torsión, evitando los efectos de segundo orden lo más que se pueda.

5.2.1.- Análisis de Elemento Finito: Para realizar un análisis de elemento finito es necesario realizar un mallado (Meshing) en los elementos, ya que hace todos sus cálculos en los nodos, por ende, es necesario colocarlos en todos los puntos importantes de la estructura, como lo son las uniones de los miembros estructurales, en cambios significativos en la estructura para describir su geometría (cambios de curvatura), sobre los bordes del sistema, donde se aplique una carga considerable, etc. Asegurándose que la matriz de nodos sea continua y se puedan unir con elementos que sean lo más aproximado a cuadrados o equiláteros.

Como se ha mencionado anteriormente, para realizar un buen análisis de elemento finito es necesario generar una malla "meshing" a la estructura, entre mayor sea la densidad de la malla se tendrán resultados más precisos, teniendo un impacto significativo en análisis de pandeo. En la imagen 103 podemos ver una estructura de hiperboloide de revolución, de izquierda a derecha vemos el aumento de la densidad de la malla y como esta reduce el facto de carga de pandeo calculo. En la malla más simple nos hace pensar que la estructura es inestable o que tiene demasiado desplazamiento, cayendo en los efectos de segundo orden, pero mientras se va refinando esa malla vamos entendiendo el verdadero comportamiento ante el pandeo de la estructura.

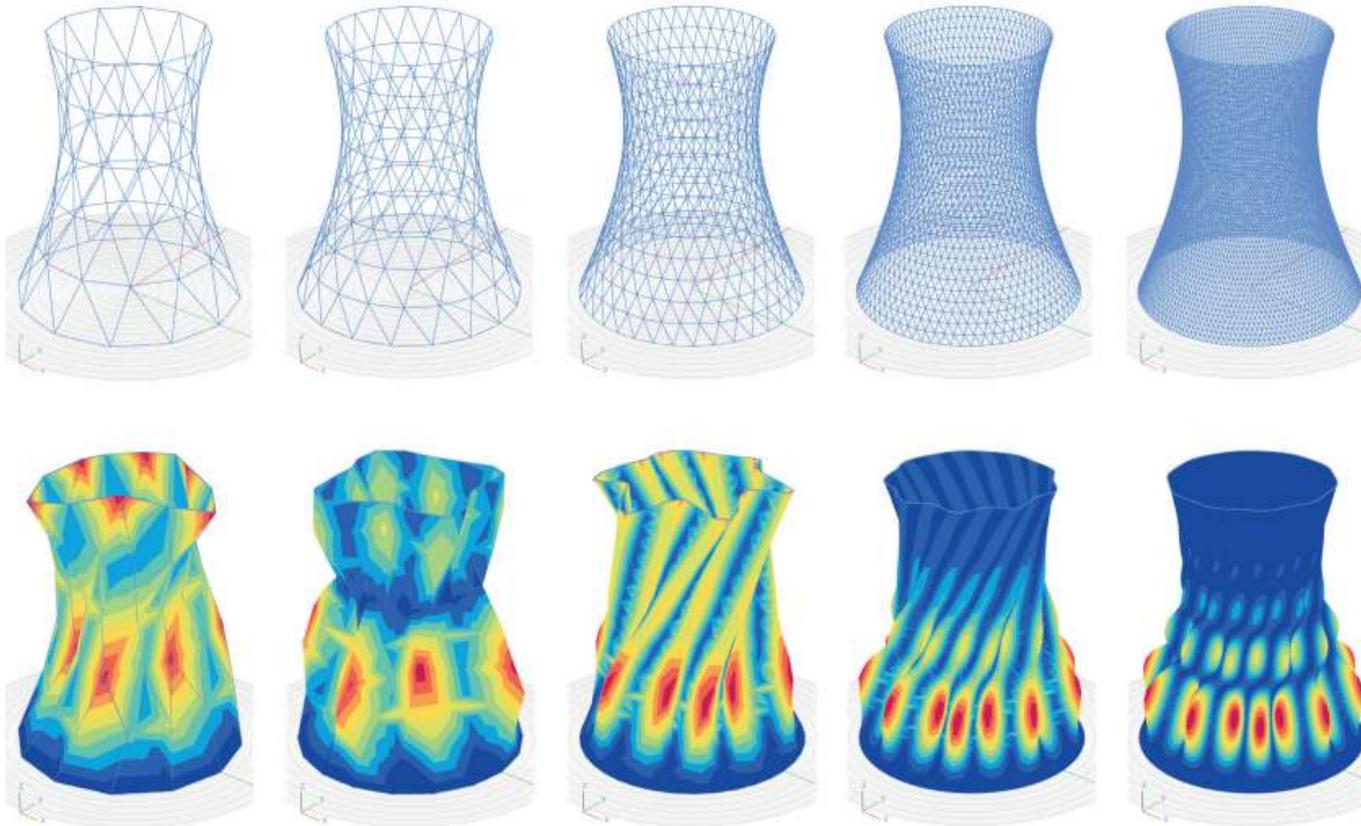


Imagen 152. (2020) Pandeo de Malla 3D. Recuperado de "Computational Engineering"

5.2.2.- Análisis lineal estático y matriz de rigidez: El método de elementos finitos (*FEM*) es la forma más común de analizar el comportamiento físico de una estructura cuando se le agregan cargas como la gravedad, fuerzas del viento, expansión térmica y sismo. Al modelo estructural se le agregan condiciones de contorno (restricciones en los apoyos), propiedades de sección y de material. De acuerdo a Peter Debney en su libro "Computational Engineering" podemos definir los conceptos básicos de un análisis lineal estático en los siguientes puntos.

- Toda la estructura está en equilibrio: la suma de todas las fuerzas y momentos externos es cero.
- Cada nodo está en equilibrio: la suma de todas las fuerzas y momentos en un nodo es cero.
- Cada elemento está en equilibrio: la suma de todas las fuerzas y momentos en un elemento es cero.
- La fuerza (f) en un elemento es igual a la deflexión (u) multiplicada por la rigidez (k): $f = ku$. Del mismo modo, una fuerza sobre un nodo resultará en una desviación de ese nodo en proporción inversa a la rigidez de los elementos conectados
- Conocemos las fuerzas externas y podemos calcular las rigideces del elemento, por lo que solo necesitamos encontrar el nodo desplazamientos: $f = ku \Rightarrow u = f / k$
- Si escribimos las ecuaciones para cada nodo y las agrupamos en una matriz \dagger , obtenemos $\{f\} = [K] \{u\}$
- Para resolver esto, multiplicamos ambos lados por la inversa de la matriz de rigidez $[K]$: $[K]^{-1} \{f\} = \{u\}$

Por lo tanto el Método de Elemento Finito sigue este proceso básico:

1.- Creación del modelo - Pre Procesamiento - Definido por el usuario

- Definir el modelo como una serie de nodos conectados por elementos.
- Aplicar propiedades a los elementos (Materiales y Secciones).
- Aplicar suficientes restricciones adecuadas para el modelo.
- Aplicar acciones en el modelo, normalmente fuerzas y momentos.

2.- Análisis - Procesamiento - Definido por el motor de análisis

- Calcular matrices de rigidez de elementos individuales a partir de las propiedades del modelo y ensamblarlas en una matriz de rigidez global.
- Aplique condiciones de contorno tachando líneas y columnas relacionadas con los nodos de traslación cero o rotación para obtener matriz de rigidez reducida.
- Invertir la matriz de rigidez reducida y multiplicarla por la matriz de carga reducida para obtener una matriz de desplazamiento reducido.
- Multiplique la matriz de desplazamiento completo por la matriz de rigidez completa para encontrar reacciones.
- Utilice la matriz de desplazamiento para encontrar deformaciones de elementos y, por tanto, tensiones, momentos, etc.

3.- Resultados - Post Procesamiento - Definido por el usuario.

- Si el análisis es lineal, multiplique y combine los resultados del caso de carga según sea necesario para el estado limite de servicio y el estado limite de falla.
- Ejecutar comprobaciones de diseño en elementos / miembros y cambie secciones o refuerzo según sea necesario. Se vuelve a ejecutar el análisis con cada nueva propuesta hasta que no se requieran más cambios.
- Resultados de salida para el registro de cálculo.

El análisis lineal estático y la matriz de rigidez puede resolver muy bien estructuras lineales estáticamente indeterminadas, ya que nos ayuda a encontrar los desplazamientos nodales que generan las fuerzas de los elementos para mantener en equilibrio todas las partes de la estructura, pero este equilibrio se basa en la geometría no deformada por las fuerzas actuantes, en el caso que los desplazamientos resulten pequeños, este tipo de análisis es suficiente pero si las cargas producen grandes excentricidades, los resultados no serán exactos y se necesitará realizar un análisis más complejo como los descritos a continuación.

5.2.3.- Análisis Dinámico y matriz de masas: El análisis estático asume un equilibrio estático, por lo que un análisis dinámico asume un equilibrio dinámico. Si en el análisis estático " $f = ku$ " fuerza = rigidez (k) \times deflexión (u), en un equilibrio dinámico todas las fuerzas deben anularse nuevamente por lo que " $ku + ma = 0$ ". En otras palabras, la masa \times la aceleración debe ser igual y opuesta a la rigidez \times la deflexión en todos los puntos, considerando que las fuerzas se han anulado, la ecuación de equilibrio dinámico es independiente de cualquier fuerza externa. Por lo tanto el Método de Elemento Finito sigue este proceso básico:

1.- Creación del modelo - Pre Procesamiento - Definido por el usuario

- Definir el modelo como una serie de nodos conectados por elementos.
- Aplicar propiedades a los elementos (Materiales y Secciones).
- Aplicar suficientes restricciones adecuadas para el modelo.
- Aplicar acciones en el modelo, normalmente fuerzas y momentos.
- Aplicar cargas laterales tipo sismo con el coeficiente sísmico correspondiente.
- Definir la matriz de masas de cargas (carga muerta y carga viva).
- Definir espectro de respuesta sísmica.
- Definir casos de cargas agregando el espectro de respuesta.

2.- Análisis - Procesamiento - Definido por el motor de análisis

- Calcular matrices de masas de elementos individuales a partir de las cargas del modelo y ensamblarlas en una matriz de masas global.

3.- Resultados - Post Procesamiento - Definido por el usuario.

- Si el análisis es lineal, multiplique y combine los resultados del caso de carga según sea necesario para el estado límite de servicio y el estado límite de falla.
- Ejecutar comprobaciones de diseño en elementos / miembros y cambie secciones o refuerzo según sea necesario. Se vuelve a ejecutar el análisis con cada nueva propuesta hasta que no se requieran más cambios.
- Resultados de salida para el registro de cálculo.

5.2.4.- Análisis no Lineal: Se puede decir que todas las estructuras son no lineales, pero para muchas de ellas la diferencia entre lineal o no lineal es tan pequeño que se puede ignorar, simplificando las metodologías de análisis en un análisis lineal. Existen algunas estructuras donde es necesario realizar un análisis no lineal, ya que de otra manera producirán resultados extremadamente inexactos. Con un análisis estructural lineal, si duplicamos la carga, también duplicamos la deflexión, las tensiones y las deformaciones. De manera similar, si disminuimos las cargas, también disminuirán los resultados. Esto no es normal en el caso de estructuras no lineales. La no linealidad en las estructuras se presenta en tres formas básicas: Material, Geométrica y Direccional.

- **No Linealidad Material:** Significa que la relación tensión-deformación no es recta. Un ejemplo de esto es el acero, que se comporta linealmente hasta el rendimiento, después de eso muestra grandes deformaciones por poca tensión adicional antes de fallar. Componiéndose de distintas etapas entre ellas la Etapa Elástica Lineal(1), Etapa Elastoplastica(2) o Viscoelástica, Etapa de Fluencia(3), Etapa de Acritud(4) y finalmente la Etapa de Estricción(5) o Limite de Rotura. En un análisis lineal siempre se asume que las dimensiones de la sección permanecen constantes pero cuando la compresión actúa en un elemento aumentará el área y reducirá cuando actúa la tensión. En la mayoría de los casos la diferencia suele ser lo suficientemente pequeña como para ignorarla, pero tendrá que abordarse si se trabaja con materiales especialmente blandos.

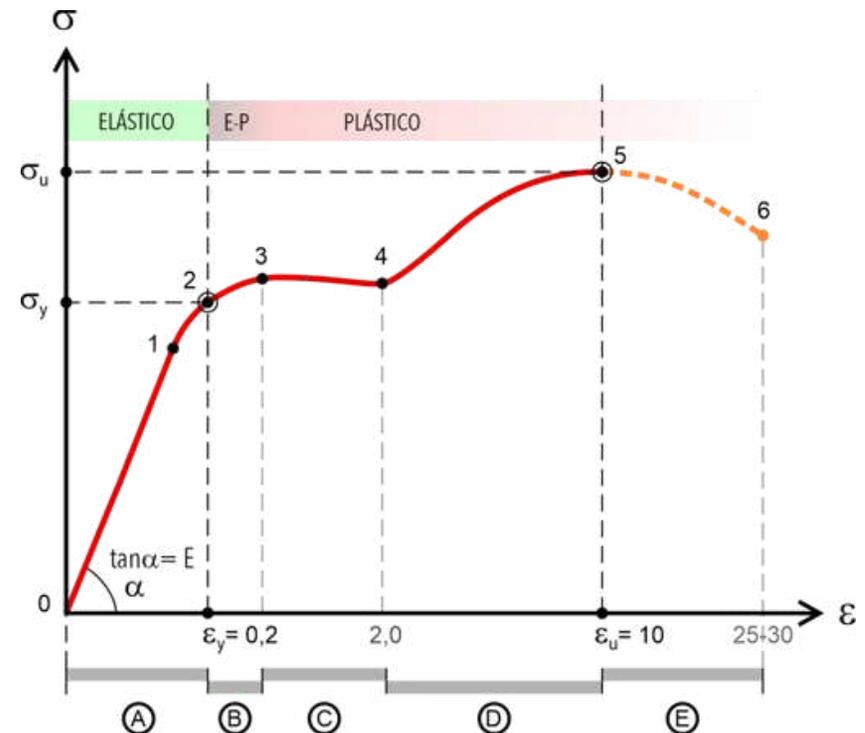


Imagen 153.(2019) No linealidad material Recuperado de "Computational Engineering"

- **No Linealidad Geométrica:** Ocurre cuando una respuesta estructural cambia debido a grandes deflexiones, el análisis P-Delta y los Efectos de Segundo Orden es una forma pequeña de esto, también se incluyen redes de cables y estructuras a base de tela como velarías donde deben desviarse significativamente la geometría para transmitir las cargas. La inclusión de efectos de rigidez geométrica en el análisis no lineal significa que es posible ver el pandeo en el modelo, si incrementan las cargas, también podrá extraerse las relaciones carga-deflexión del análisis.

- **No Linealidad Direccional:** Un ejemplo de no linealidad direccional es la mampostería, que trabaja excelente a la compresión pero tiene una resistencia a la tensión muy pequeña, lo mismo sucede con los cables, trabajan excelente a la tensión pero tienen rigidez nula para trabajar a compresión. Las fuerzas también pueden ser no lineales, ya que su dirección puede cambiar durante el análisis. Las cargas que están perpendiculares a los elementos, seguirán al elemento a medida que este se desvíe. Otros ejemplos de cargas no lineales incluyen fuerzas hidrostáticas o de flotabilidad y cargas aerodinámicas que cambian la forma de la estructura.



Imagen 154.(2016) Bóveda Armadillo by Phillip Block & Alejandro Aravena. Recuperado de <https://www.block.arch.ethz.ch/>

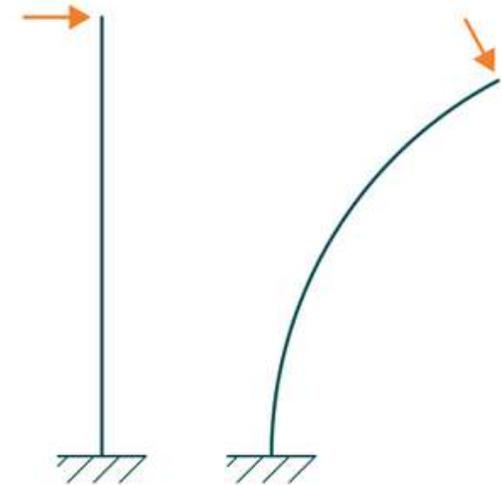


Imagen 155.(2020) Carga no Lineal. Recuperado de "Computational Engineering"

5.2.5.- Análisis Implícitos: Los métodos implícitos son independientes del tiempo: los resultados son los mismos sin importar cuando los examine, ya que ya han convergido en la respuesta. Esto incluye todos los métodos de análisis que hemos explicado hasta ahora, con la posible excepción del análisis lineal de la historia del tiempo. Los métodos implícitos resuelven los problemas estructurales ya sea directamente usando métodos matriciales o iterando a través de una serie de pasos. Estas matrices pueden ser enormes: el almacenamiento necesita mucha memoria e invertirlas es computacionalmente costoso. Los métodos implícitos son muy adecuados para problemas lineales y ligeramente no lineales, por lo que para estos casos siguen siendo el mejor acercamiento.

5.2.6.- Análisis Explícitos: Los solucionadores explícitos no usan matrices para calcular las deflexiones nodales, sino que rastrean cómo se mueven los nodos tiempo a medida que la estructura busca el equilibrio. Los solucionadores explícitos utilizan conceptos como aceleración, masa, velocidad y amortiguación, pero también puede permitir la fractura, el desprendimiento de piezas y el contacto. El análisis explícito intenta simular las aceleraciones reales de la estructura y, por lo tanto, las tensiones en los elementos. Las tensiones actúan entonces como fuerzas que resisten el movimiento, como ocurre en las estructuras reales. La amortiguación de los materiales y la fricción entre las partes pueden, eventualmente, llevar la estructura al equilibrio, ya sea estático o dinámico. Los solucionadores explícitos necesitan un intervalo de tiempo lo suficientemente pequeño para mantener la precisión y evitar la divergencia de la simulación, pero no tan pequeño que la simulación tarde mucho tiempo en ejecutarse.

La secuencia de análisis explícita es:

- Aplicar fuerzas y otras condiciones de contorno.
- Encuentre deformaciones de elementos → tensiones → fuerzas nodales → fuerzas fuera de balance en los nodos.
- Utilice las fuerzas y masas nodales desequilibradas para calcular las nuevas aceleraciones nodales.
- Calcule las nuevas velocidades y desplazamientos nodales al final del intervalo de tiempo.
- Actualice la geometría y repita desde el Paso 1.

Etapas del Proyecto Estructural.

Primer etapa del proyecto (Análisis Estructural Previo): El propósito de esta etapa es conocer el comportamiento estructural, las consideraciones específicas de diseño y análisis necesarias para desarrollar la metodología, así como las secciones aproximadas de los miembros estructurales, para esto se usarán elementos barra en el modelo considerando que solo llevarán carga axial, esto mantendrá el modelo estáticamente determinado y las fuerzas del elemento no serán influenciado por las rigideces individuales de los elementos. Se proporcionará a los nodos una restricción lateral nada más, al no tener carga horizontales no es necesario agregar todas las restricciones. Para esta etapa se usará el motor de análisis de Karamba3D en programación visual para realizar los análisis estáticos no lineales.

Segunda etapa del proyecto (Análisis Estructural Previo): El propósito de esta etapa es conocer los esfuerzos mecánicos de la estructura para las combinaciones de carga, así como la sección necesaria de los elementos para soportar dichos esfuerzos, para esto se usarán elementos barra en el modelo considerando cargas verticales (carga viva y carga muerta) y cargas horizontales (carga accidental sismo o viento), proporcionando soportes laterales de tipo resorte. En esta etapa se modelará la continuidad y las conexiones con más detalle para tener un resultado preciso, incluyendo también todos los factores, combinaciones y requerimientos que marca el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México v.2017. En esta etapa se llevará a cabo la optimización estructural considerando el menor peso posible en la estructura, la menor deflexión de la estructura y el factor de utilización (Esfuerzos actuantes de la estructura / Esfuerzos resistentes de la estructura ≤ 1.0) Se usará Karamba3D para los análisis y Wallacei para la optimización multi-objetivo.

Tercer etapa del proyecto (Análisis Estructural de Validación): El propósito de esta etapa es analizar la estructura optimizada a fondo para determinar que su comportamiento y diseño son eficientes, cumpliendo con lo establecido en las normas correspondientes y vigentes. Si es necesario ajustar la estructura o regresar a la segunda etapa para lograr un diseño satisfactorio se hará. El análisis de validación se realizará en SAP2000, una vez comprobada la resistencia de la estructura se procederá a realizar la documentación del proyecto en Revit.

Uno de las principales metas de este trabajo referente a la optimización estructural es, además de la eficiencia y seguridad de la estructura, es minimizar el impacto ambiental de las edificaciones, como bien sabemos esta industria es la encargada de generar alrededor del 38% del CO₂ en México. Eventualmente siempre se realizan pequeñas optimizaciones en los proyectos estructurales, buscando secciones más pequeñas y menos refuerzos en los elementos estructurales, pero a mayor escala o en optimizaciones formales de edificios completos es donde empiezan a complicarse los cálculos.

Entendemos que el diseño (ya sea arquitectónico, industrial, estructural, etc.) siempre es un proceso iterativo donde existen múltiples soluciones, ya que ningún diseño funciona para todo el mundo y esto se debe a que cada proyecto, cada usuario tiene necesidades específicas a satisfacer. En términos simples la optimización es la minimización o maximización de uno o más criterios (objetivos) mientras se satisfacen las restricciones específicas. La optimización desde el punto de vista de las matemáticas se muestra como la fórmula de:

Minimizar $f(x)$

Sujeto a: $g_i(x) \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$

Considerando que: $h_j(x) = 0 \quad j = 1, \dots, l$

Considerando finalmente que: $x_L \leq x \leq x_U$

Donde:

x = Es el conjunto de variables de diseño.

f = Es la función costo-objetivo.

g = Son las restricciones de desigualdad (donde "x" debe de ser mayor o menor que, si corresponde a un valor particular).

h = Son las restricciones de igualdad (donde "x" debe de ser igual a un valor particular).

x_L y x_U = Son los límites superiores e inferiores en las variables de diseño (Considerándose también como restricciones de desigualdad).

La alternativa más simple es:

Minimizar $f(x)$

Sujeto a " $x \in \Omega$ "

Donde \in significa un elemento de Ω que es el rango de valores posibles (es decir, todas las restricciones mencionadas anteriormente).

Al optimizar una viga de acero, tenemos ciertas condicionantes importantes, como el claro a librar y las cargas, estas son las restricciones fijas del problema, valores que no pueden ser modificados o alterados en el proceso de optimización. Las restricciones variables normalmente son limitantes, es decir, que los valores estarán contenidos en un dominio. La viga debe de ser lo suficientemente fuerte, es decir que la resistencia \geq carga, y no debe flexionar demasiado, es decir que la deflexión del elemento \leq límite establecido por la norma. Ya que el elemento es de acero, se seleccionará una viga IR del catálogo del fabricante. Para determinar la resistencia de la viga, son muchos factores y formulas que se deben tomar en cuenta, como por ejemplo: la tensión en el alma y el patín, el esfuerzo cortante en el alma, el pandeo lateral por torsión, etc. Por lo que optimizar cada uno de estos resultados puede resultar tardado y cansado, sobre todo en estructuras que puedan tener decenas o cientos de elementos estructurales, por lo que se puede reducir la resistencia del elemento a un solo número: el factor de utilización.

Para determinar este factor es necesario dividir las cargas aplicadas por la capacidad de carga del elemento, si el resultado es menor a 1.0 el elemento resistirá todos los esfuerzos aplicados. Se debe considerar que el resultado nunca deberá aproximarse al 0.0, ya que eso nos generará una sección muy sobrada.

Al utilizar un algoritmo de optimización debemos asignar valores numéricos para determinar que tan óptimo son los elementos, como hemos visto, la optimización es la minimización o maximización de los valores, cuando se trabaja con optimizaciones multi-objetivo (más de un objetivo por satisfacer) algunos objetivos se llegan a contra poner, un ejemplo de esto es buscar la maximización de resistencia del elemento estructural, que coincide con la minimización de la deflexión del elemento, pero se contrapone con la minimización del peso de la estructura.

El proceso de optimización puede ser en cualquier etapa de diseño, pero siempre se recomienda hacerlo en la etapa esquemática, por que es cuando se establece la tipología estructural, los materiales y los procesos constructivos. Esta etapa consiste sobre todo en la exploración de decenas o cientos de opciones, al no profundizar tanto en la resistencia final sino en el comportamiento de la estructura permite realizarlo en tiempo y forma. Después de esta etapa se puede realizar una optimización a detalle que permita ajustar el costo del material y el impacto ambiental.

El mejor ejemplo de optimización que podemos encontrar es la naturaleza, ya que la biología optimiza naturalmente, considerando que lo que no es eficiente no sobrevive, maximizando la velocidad de los depredadores para alcanzar a sus presas, en el caso de las tortugas sacrifican velocidad por tener una mejor defensa. Es aquí donde extrapolamos estos conceptos y los Algoritmos Evolutivos comienzan a tener una aplicación importante en el mundo de la arquitectura.

Como se ha mencionado anteriormente, existen 3 tipos de optimización (topológica, formal y de sección), pero de acuerdo a los objetivos y/o necesidades del proyecto se pueden optimizar los siguientes aspectos de diseño:

- Constructibilidad.
- Costo de la estructura.
- Durabilidad.
- Impacto ambiental en construcción y servicio
- Resistencia.
- Peso de la estructura.

Es decir, podemos optimizar el peso de la estructura (minimizarlo) a partir de una optimización topológica, formal y/o de sección o tamaño de los elementos estructurales. Una vez entendido esto, explicaremos a profundidad los tipos de optimización para conocer sus características, cuando y para que se utilizan.

5.4.1.- Optimización Topológica

Es cierto que con este tipo de optimización empezamos con una forma definida, pero el resultado de este proceso es desconocido, ya que las cargas aplicadas, los puntos de colocación y el espacio que deben cubrir generan las interacciones para encontrar la topología, si algún valor cambia, el diseño cambiará de igual manera. Esta optimización está relacionada con la optimización de la forma, pero esta mantiene el número de elementos y conexiones constantes, mientras que la optimización topológica te permite que estos elementos cambien.

Una de las mejor formas de optimizar sistemas estructurales tipo armaduras es con las "rutas de carga de Maxwell" donde permite de forma rápida evaluar la estructura con cargas axiales. La ruta de cargas se basa principalmente en la idea que la sección estructural será proporcional a la carga axial, prediciendo de esta manera los cambios en el material al multiplicar la carga axial por la longitud del elemento. El marco óptimo minimizará la siguiente formula:

$$\text{Volumen estructural} = \sum l_{ft} - \sum l_{fc}$$

Donde:

l_{lc} = Longitud de elementos en tracción y compresión.

f_{fc} = Fuerzas de tensión y compresión de los elementos.

Esto supone que tanto las fuerzas de tensión como las de compresión son positivas. Si su salida FEA usa signos para diferenciar

entre la compresión y la tensión, puede sumar las dos sumas.

El teorema de Maxwell también dice que para una topología dada:

$$\sum l_{ft} + \sum l_{fc} = \text{Constante}$$

Resumiendo las expresiones, se puede optimizar una armadura analizando solo la compresión o solo los elementos a tensión ya que las trayectorias de cargas se mantendrán proporcionales entre si.

5.4.1.- Optimización Topológica

Si se utiliza una computadora para analizar las opciones, se podrá analizar tanto la compresión como la tensión de los elementos al mismo tiempo. Anthony George Maldon Michell en 1904 uso el teorema de trayectorias de cargas de Maxwell para derivar formas estructurales que se pueden probar para ser optimas. En los procesos de optimización normalmente no se sabe qué tan cerca se está del modelo ideal, se pueden utilizar estas propuestas como un punto de referencia para diseños prácticos de armaduras. En estos diseños se puede notar que los elementos tienden a unirse en ángulos rectos, esto es una buena regla que podemos seguir siempre y cuando sea posible.

Uno de los mejores ejemplos de aplicación a nivel mundial de esta optimización es el Centro Financiero CITIC ubicado en Shenzhen, China. La estructura esta formada por un exoesqueleto, realizando una investigación del potencial de geometrías óptimas de celosías para lograr eficiencias radicales del material. La geometría de la riostra de cada marco responde a las diferentes cargas estructurales en los edificios altos.. Esta solución de diseño integrado garantiza que la estructura general maximice la rigidez mientras se utiliza la menor cantidad de material para la estructura general.

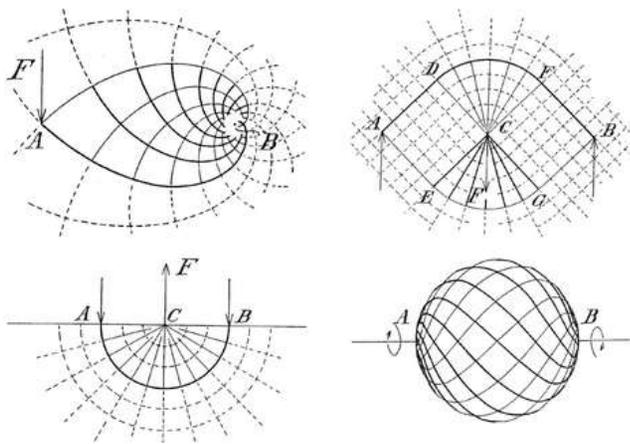


Imagen 156 .(2020) Armaduras Ideales de Michell. Recuperado de "Computational Engineering"

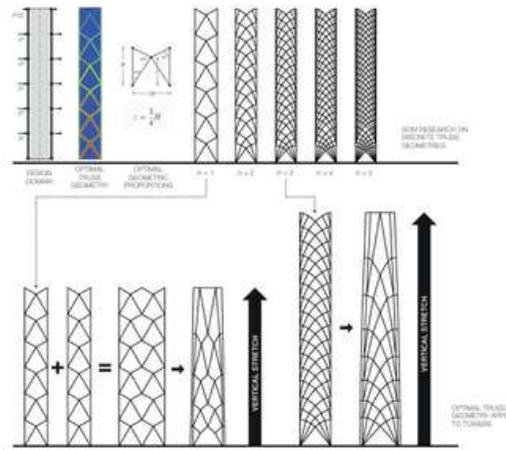


Imagen 157.(2020) Centro financiero CITIC: arreglos de refuerzo. Recuperado de "Computational Engineering"

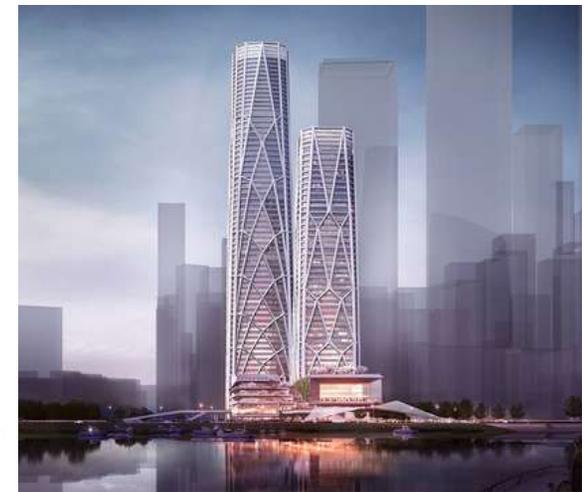


Imagen 158.(2020) Centro financiero CITIC: render de SOM Recuperado de: https://www.som.com/projects/citic_financial_center

5.4.2.- Optimización de la forma.

Este tipo de optimización consiste en determinar la forma ideal de la estructura o del componente, las vigas de acero en I ya están optimizadas para impedir doblarse, ya que concentran la mayor parte del acero en los patines, maximizando la fuerza y rigidez de la viga. Los patines se encuentran unidos por el alma del perfil que resiste principalmente las fuerzas cortantes. Esta optimización no se enfoca en los espesores de placa individuales de una viga pero si afinará las dimensiones generales del elemento. En el caso de un armadura, las dimensiones a optimizar será el peralte de la armadura, pero también se puede optimizar el acomodo de los nodos para encontrar la armadura más eficiente.

También se puede generar una optimización de la forma con el "*form finding*" o forma encontrada. Existen dos métodos principales para encontrar la forma: densidad de fuerza y la película de jabón, ambos métodos son utilizados para estructuras que trabajan únicamente a tensión, si la estructura deseada trabaja solo a compresión se pueden invertir todas las cargas, considerando que un arco es el reflejo opuesto de una cadena colgante. Lo complicado de estos métodos es cuando se necesita encontrar la forma de una estructura que trabaje a compresión y tensión.

El "*form finding*" por densidad de fuerza es el más adecuado para estructuras de redes de cables, en este método, la longitud de los elementos y el área se establecen de forma proporcional a la fuerza aplicada. Esta optimización suele ser rápida y puede ajustar fácilmente las longitudes de cada elemento, por lo que algunos softwares comerciales enfocados a arquitectos la manejan, entre ellos cabe destacar *Kangaroo Physics* para programación visual en *Grasshopper* y *RhinoVault2* para el programa de *Rhinoceros*. Se debe de considerar que la simulación de la densidad de fuerzas puede tener desventajas, normalmente los elementos con mayores cargas serán más largos y por ende necesitará secciones más gruesas, además de que las tensiones previas podrían no ser alcanzables y no garantizar el estado de equilibrio.

El "*form finding*" por película de jabón es un método más avanzado, se especifican las pretensiones del objetivo de la estructura, elimina toda la rigidez de los elementos para encontrar la geometría en equilibrio. El efecto es modelar superficies mínimas unidas por bandas elásticas. Este tipo de búsqueda necesita un método de análisis estático no lineal como la relajación dinámica u otro solucionador explícito.

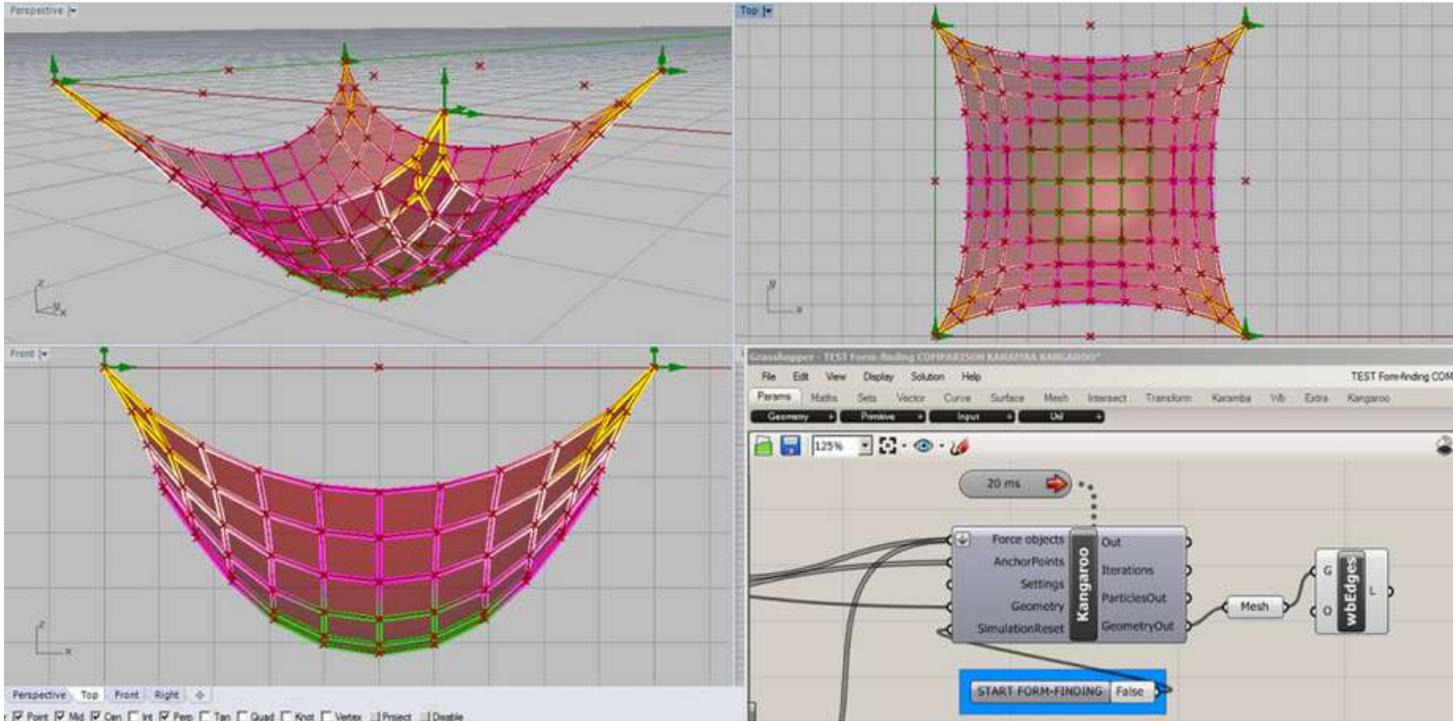


Imagen 159.(2020) Form Finding por densidad de fuerzas. Recuperado de <https://bit.ly/3aKby6e>

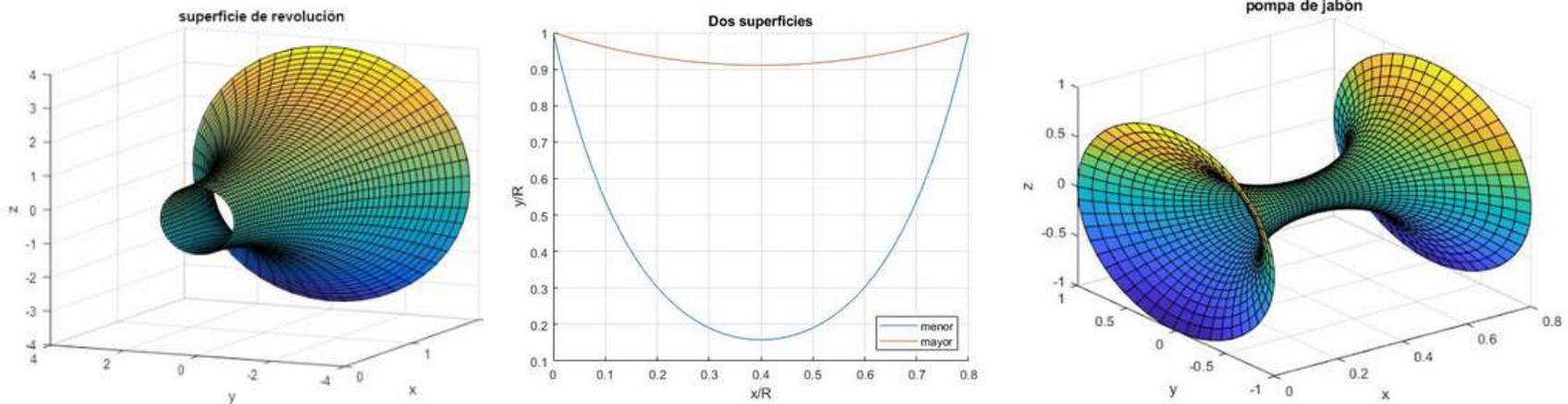


Imagen 160.(2020) Form Finding por película de jabón. Recuperado de: <http://www.sc.edu/esbweb/fisica3/fluidos/pelicula/pelicula.html>

5.4.3.- Optimización del tamaño.

Esta optimización consiste en elegir el mejor tamaño de la sección para usar en la estructura. Por su practicidad es la forma más común de optimización, las primeras dos optimizaciones realizan los cambios más importantes en la estructura, en esta etapa se afina y termina el diseño. Se considera que es la optimización que tiene un menor impacto en el costo y/o eficiencia final de la estructura. Su principal aplicación en estructuras de acero es en la elección de espesores de las placas de vigas, en el caso de las estructuras de concreto armado consiste en seleccionar el diámetro de las barras de refuerzo y distribuirlas adecuadamente.

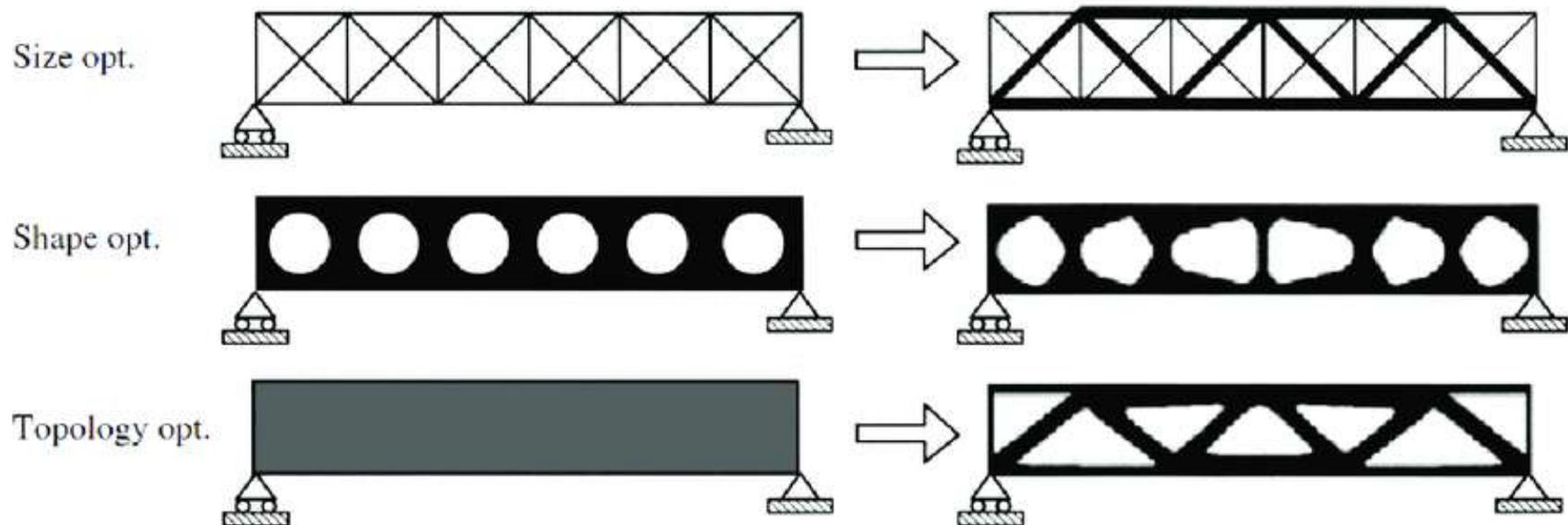
Diferencias entre los distintos tipos de optimización.

Imagen 161.(2017) Diferencias entre los distintos tipos de optimización. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321771366_A_case_study_on_topology_optimized_design_for_additive_manufacturing

5.5.- Métodos de optimización.

El método que se empleará para la optimización es la Optimización Multi-objetivo y el Frente de Pareto. Cuando se optimiza para un solo objetivo como el peso o la deflexión de una estructura, sin importar el número de variables, es sencillo determinar cuando se ha encontrado una solución óptima. Pero muchas veces, un solo objetivo no es suficiente para satisfacer todos los requerimientos de un proyecto, al intentar optimizar con múltiples objetivos puede ser complicado, ya que estos objetivos pueden ser independientes o contradictorios, es decir que para ciertas variables un objetivo se satisface pero esas mismas variables se contraponen con otro objetivo. La optimización multi-objetivo puede ser no determinista, lo que significa que cada vez que se ejecuta el proceso de optimización es probable que se tengan resultados diferentes. Graficar las diferentes respuestas deberían de revelar la región donde las soluciones funcionan y otras donde están lejos de satisfacer los múltiples objetivos. La división entre los dos se conoce como el Frente de Pareto llamado así por el ingeniero civil y economista italiano Vilfredo Pareto.

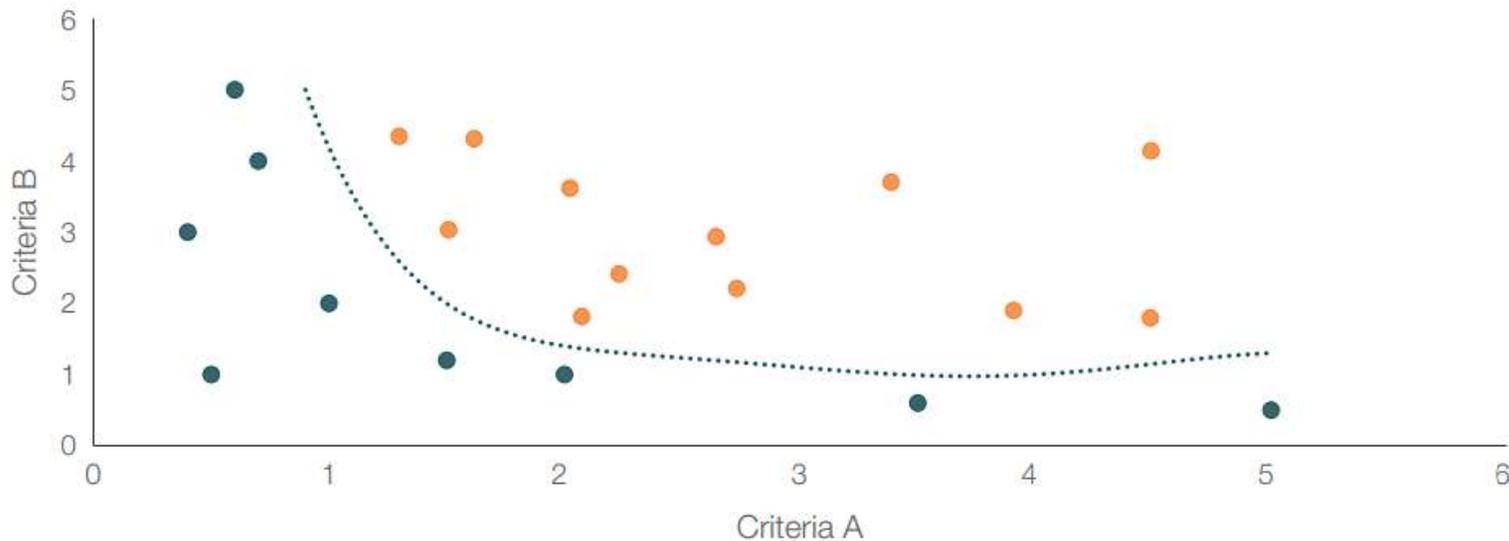


Imagen 162.(2020) Frente de Pareto para optimización considerando dos criterios. Recuperado de: "Computational Engineering"

En la actualidad, para resolver problemas complejos de optimización se utilizan algoritmos evolutivos, que se inspiran en la naturaleza y su operabilidad, recogiendo un conjunto de modelos basados en la evolución de los seres vivos. La estrategia de simulación evolutiva más reconocida son los algoritmos genéticos. De acuerdo a Alfonso Mateos de Luz en su artículo "Algoritmos Evolutivos y Algoritmos Genéticos" habla de como trabajan los algoritmos evolutivos, considerando una población de individuos como las posibles soluciones a un problema. Cuando estas poblaciones se someten a ciertas transformaciones se crea un ciclo. Cada ciclo de transformación constituyen una generación, esperando que después de cierta cantidad de generaciones el mejor individuo de la población este cerca de la solución buscada.

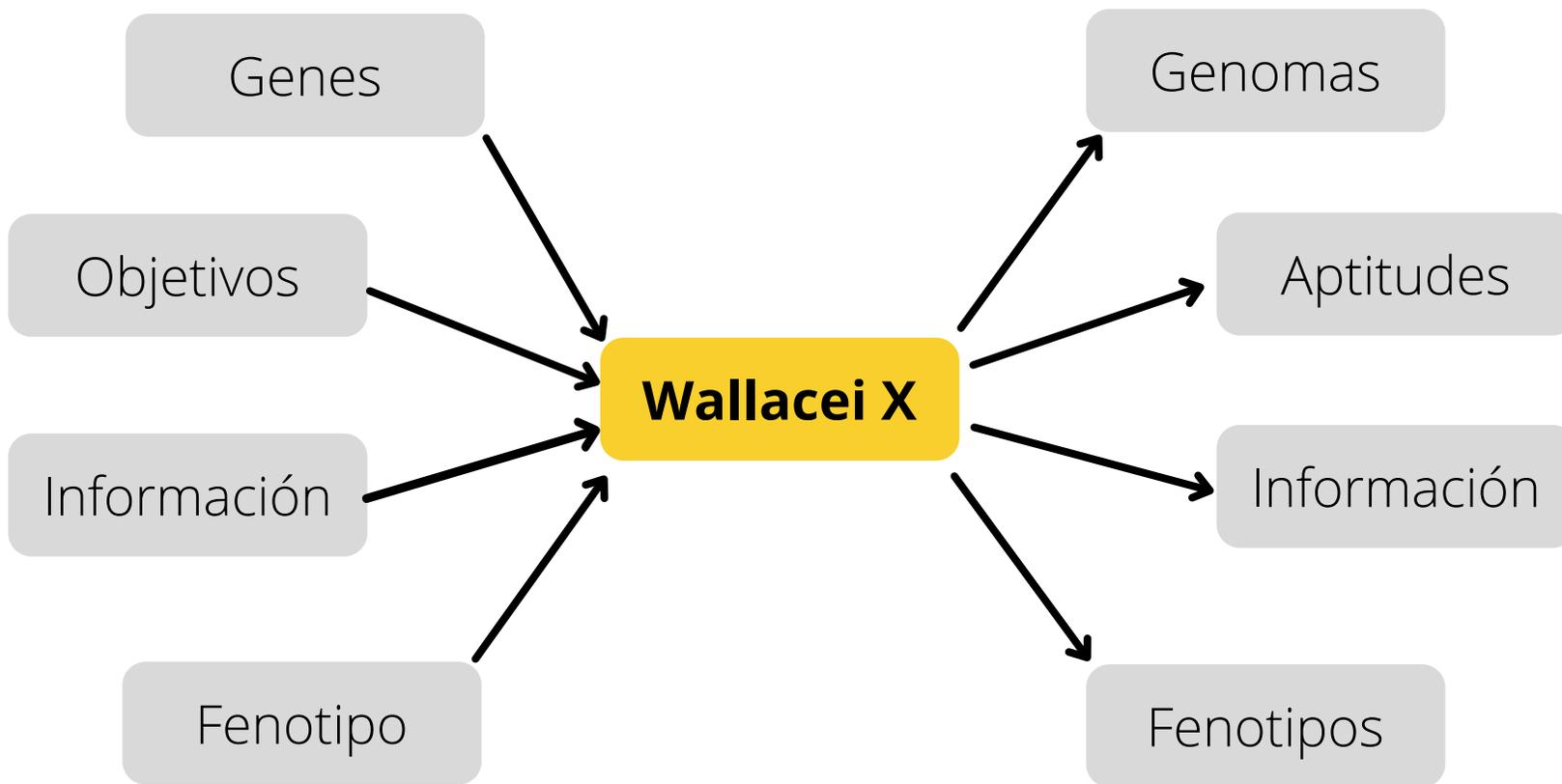
Establece también los principales componentes:

- Población de individuos, que son una representación (no necesariamente directa) de posibles soluciones.
- Procedimiento de selección basado en la aptitud de los individuos para resolver el problema.
- Procedimiento de transformación para construir nuevos individuos a partir de los anteriores.

Las características fundamentales de estos algoritmos son los métodos de generación de soluciones, donde se parte de un conjunto de soluciones iniciales y se van empleando operadores de búsqueda para ir refinando la solución final. Para lograr esto se utilizarán los algoritmos genéticos que de acuerdo con el mismo autor *"Modelan el proceso de evolución como una sucesión de frecuentes cambios en los genes, con soluciones análogas a cromosomas. Trabajan con una población de cadenas binarias para la representación del problema, y el espacio de soluciones posibles es explorado aplicando transformaciones a éstas soluciones candidatas tal y como se observa en los organismos vivientes: cruce, inversión y mutación. Como método de selección emplean en mecanismo de la ruleta (a veces con elitismo). Constituyen el paradigma más completo de la computación evolutiva ya que resumen de modo natural todas las ideas fundamentales de dicho enfoque. Son muy flexibles ya que pueden adoptar con facilidad nuevas ideas, generales o específicas, que surjan dentro del campo de la computación evolutiva. Además, se pueden hibridar fácilmente con otros paradigmas y enfoques, aunque no tengan ninguna relación con la computación evolutiva."*

Para lograr los objetivos planteados ocuparemos algoritmos genéticos evolutivos como lo es Wallacei en programación visual en Grasshopper.

Wallacei es un motor de optimización por algoritmos evolutivos, la utilización de este tipo de herramientas analíticas permiten comprender la evolución y optimización de un proyecto, tomando decisiones informadas en todas las etapas de diseño, además, se pueden seleccionar, reconstruir y generar cualquier fenotipo de la población después de completar su simulación. El propósito de esta herramienta es proporcionar a los usuarios un motor evolutivo para optimización, donde el algoritmo, el análisis y la selección pueden llevarse a cabo dentro de una interfaz de usuario. Este motor de análisis funciona principalmente con 4 valores de entrada y 4 valores de salida.



Valores de Entrada en la definición de Grasshopper:

- Los genes se componen de deslizadores o grupos de deslizadores. Es necesario cambiar el nombre de los controles deslizantes / grupos de genes con prefijo "wlc_" para la selección automática (haciendo clic con el botón derecho en el componente Wallacei X y haciendo clic en "Seleccionar todos los controles deslizantes").
- Los objetivos de aptitud física son valores contenidos en un componente "numérico". Es necesario el nombre del objetivos de fitness con el prefijo "wlc_" para la selección automática (haciendo clic con el botón derecho en el Componente Wallacei X y haga clic en "Seleccionar todos los objetivos").
- Cualquier tipo de datos a guardar para cada solución en la población (se recomienda solo se ingresan datos numéricos para evitar la sobrecarga de la CPU que hace que el programa de *Grasshopper / Rhinoceros* se bloquee).
- Los fenotipos que se exportarán a través del solucionador. Se acepta cualquier tipo de datos como Breps, Meshes o Numbers (los fenotipos se pueden ingresar después de ejecutar la simulación).

Valores de Salida en la definición de Grasshopper:

- Los genomas son todas las soluciones en la población. Para acceder al Genoma, utilizar el componente "Decodificar genoma" para extraer valores numéricos que comprenden cada genoma de la solución.
- Los valores de aptitudes son las aptitudes de todas las soluciones en la población. La estructura de la lista es como sigue a {A; B} [i], donde "A" es el número de generación, "B" es el número de solución e "i" son los valores de aptitud para cada objetivo de aptitud.
- Los datos son todos los ingresados de todas las soluciones en la población.
- Los fenotipos son las soluciones exportadas. Para acceder a la geometría dentro el fenotipo, utilice los componentes "Decodificar fenotipos" o "Distribuidor", que generar los datos en diferentes flujos (números, mallas, breps, etc.)

- 1.- **Determinar los genes o parámetros del proyecto que serán la base de la optimización:** En este caso los parámetros de la armadura tipo serán el número de diagonales y montantes, así como la distancia entre la cuerda inferior y superior.
- 2.- **Establecer los múltiples objetivos que se requieran optimizar:** Los objetivos de optimización serán la disminución de la deflexión de la estructura, la minimización del peso de la estructura y la utilización de la estructura. Este último se buscará que se encuentre entre 0.5 y 0.9, cualquier resultado fuera de este rango será descartado por no resistir lo suficiente y por estar sobrado, generando una estructura pesada y anti económica.
- 3.- **Colocar información que ayude a complementar las diferentes propuestas:** No se agregará información adicional al proceso de optimización, si es necesario especificar algo se hará únicamente con los resultados finales.
- 4.- **Introducir la geometría o el fenotipo que será optimizado:** Se introducirá un diseño genético con criterio estructural de la armadura para su análisis y optimización.
- 5.- **Ingresar a la tabla 1 "*Wallacei Settings*" para configurar los ajustes de la simulación y monitorear el progreso de la simulación mientras se va ejecutando:** Se agregará en la configuración un "tamaño de generación" de 20, y un "número de generaciones" de 50, para tener 1000 posibles resultados analizados.
- 6.- **Ingresar a la tabla 2 "*Wallacei Analytics*" para analizar los resultados de la simulación mediante la desviación estándar, valores de aptitud física y tabla de diamantes para la población:** Se analizarán los resultados de la optimización y se obtendrán los gráficos correspondientes para visualizar las mejores propuestas, mismas que deberán seleccionarse basados en la clasificación y agregarlos a la lista de exportación.
- 7.- **Ingresar a la tabla 3 "*Wallacei Selection*" :** Se seleccionarán las soluciones a través del método de Frente de Pareto para exportar los fenotipos de todas las soluciones en la lista de exportación a *Grasshopper*, identificando cuáles generación y cuáles elementos se aproximan más a los resultados planteados.
- 8.- **Exportar la geometría o el fenotipo optimizado:** Una vez que se haya escogido la mejor solución se hará un análisis estructural previo para comprobar los resultados arrojados por la optimización para después realizar los análisis de validación en SAP2000, exportando toda la geometría, materiales y características del proyecto.
- 9.- **Una vez comprobado la eficiencia de la propuesta será documentada en planimetría.**

Podemos entender la verificación como la implementación del método de cálculo representa con precisión la descripción conceptual del desarrollador de la método de cálculo y la solución del método de cálculo, para lograr esta validación es importante mencionar que el modelo debe de representar con precisión la realidad de la estructura y que el análisis o la utilización del software se están usando correctamente. A continuación se enlista una serie de comprobaciones que se tiene que hacer para la verificación del análisis.

- ¿Es correcta la forma desplazada?
- ¿Parece sensato el momento flexionante, la fuerza cortante o la distribución de la tensión?
- Buscar discontinuidades en los resultados.
- Si hay un problema en el modelo que no se pueda encontrar, dividir el modelo en partes ayudará a localizarlo.
- Realizar un cálculo manual por separado, con un grado razonable de aproximación, para ver si las respuestas son similares.
- Construir un modelo *FEA* simplificado de la estructura para verificar si las respuestas son similares.

En caso de que el análisis presente discrepancias, se pueden comprobar los siguientes puntos para encontrar el error en el uso del software.

- Modelado deficiente y elementos excesivamente largos o cortos.
- Unidades incorrectas en las dimensiones, cargas o materiales.
- Uso de materiales incorrectos.
- Restricciones mal utilizadas.
- Liberación de nodos mal utilizados.
- Torsión y otros factores ignorados.
- Malla demasiado grande o demasiado pequeña.
- Efectos de segundo orden generados y no considerados.

Memoria técnico descriptiva estructural.
Cubierta del estadio de futbol.

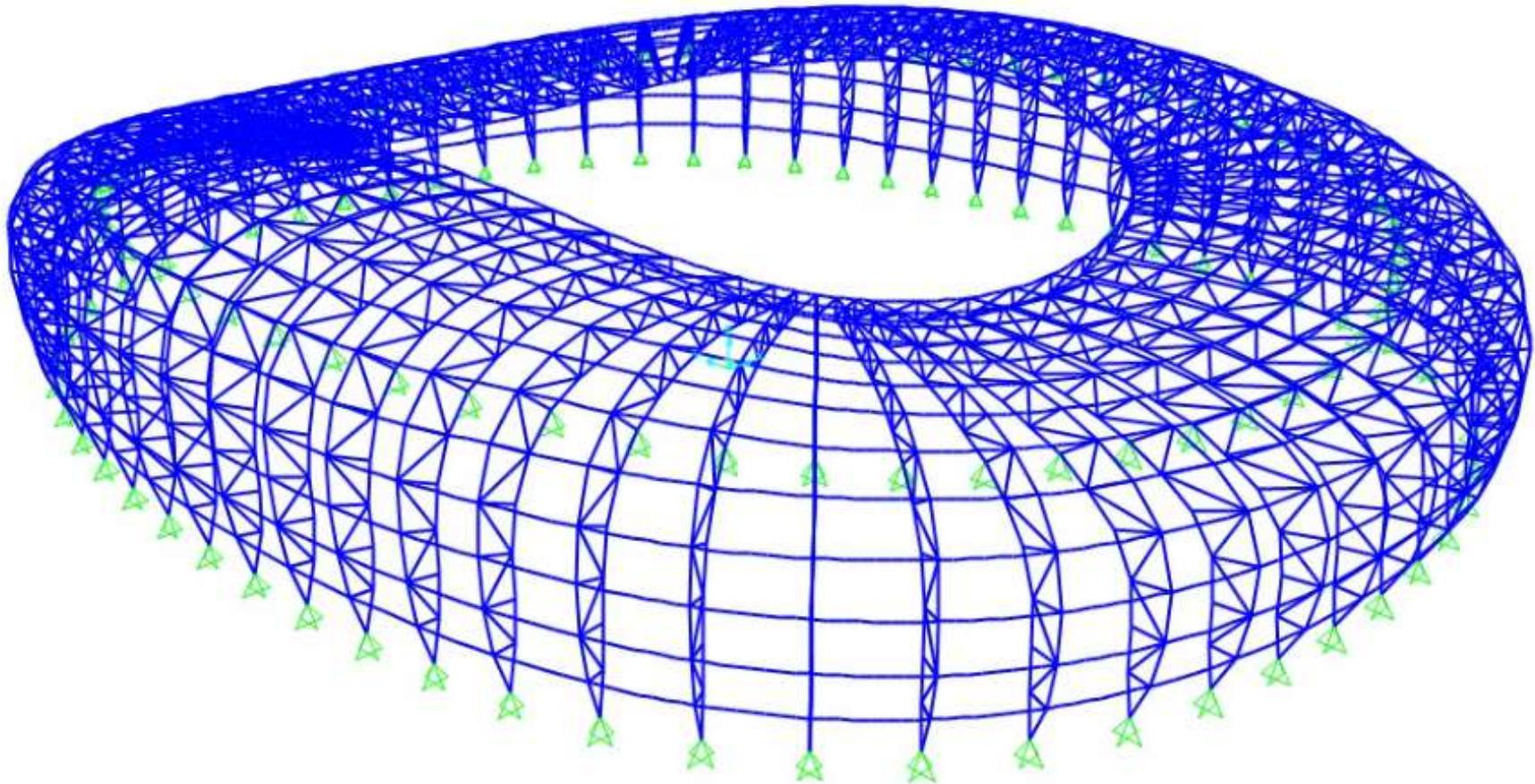


Imagen 163.(2020) Modelo de cubierta del estadio en SAP2000. Fuente: Elaboración propia.

5.9.1.- Consideraciones para diseño por sismo:

Resistencia del terreno: El terreno esta ubicado en zona tipo I, formado principalmente de rocas o suelos firmes, al no tener estudio de mecánica de suelos se tomara el valor de resistencia admisible del suelo: 8.0 Toneladas por metro cuadrado, correspondiente a esta zona de acuerdo al Plan Desarrollo Municipal de Naucalpan.

Clasificación de la estructura: Los estadios pertenecen al grupo A y al subgrupo A2, ya que la falla de su estructura puede causar un impacto social importante, al albergar a más de 1,000 personas.

Factores de carga: Para todas las combinaciones de carga que incluyan exclusivamente cargas permanentes y variables se utilizará un factor de 1.40 para cargas permanentes y 1.60 para cargas variables. En el caso de las combinaciones de carga que incluyan cargas accidentales como el viento o sismo se utilizará un factor de 1.10 para ambos tipos de carga.

Factor de comportamiento sísmico: Se usará $Q=2$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por marcos de acero con ductilidad reducida o provistos de contraventeo con ductilidad normal. También se usará $Q=2$ cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre la particular marquen las normas correspondientes.

Amortiguamiento sísmico: De acuerdo a la definición de espectros de diseño elásticos del Manual de la CFE, está implícito un valor de amortiguamiento estructural, de 5%. Sin embargo, en estructuras el valor del amortiguamiento estructural depende del material y la estructuración. En este caso al ser una estructura ligera de acero soldada le corresponde un amortiguamiento del 2%.

Coefficiente sísmico: De acuerdo al programa PRODISIS, Naucalpan de Juarez, Estado de México con una longitud "-99.09" y una latitud 19.14N presenta los siguientes datos sísmicos.

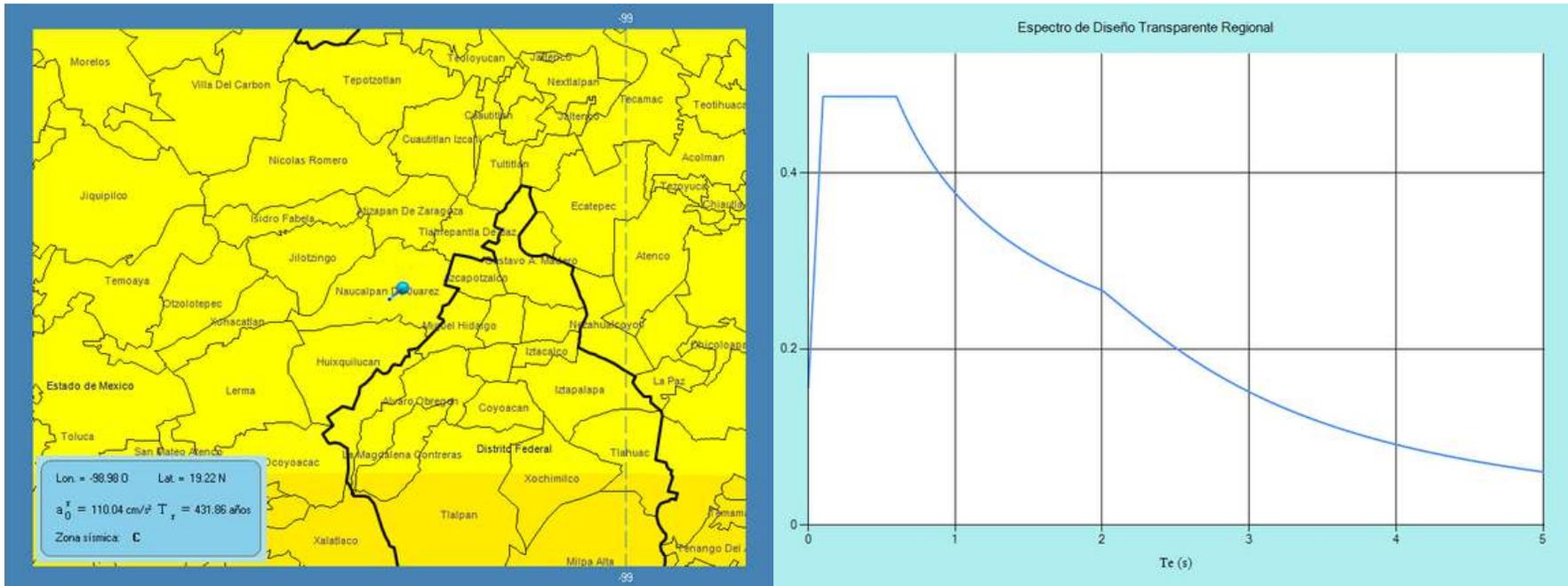


Imagen 164.(2020) Ubicación y espectro de diseño. Fuente: PRODISIS v.4.1

Resumen de valores.

Zona sísmica: C

Factor de irregularidad $kQ = 0.8$.

Coefficiente sísmico $c = 0.36$

Factor de comportamiento sísmico $Q = 2.0$

Aceleración máxima del suelo $a_0 = 0.102 \text{ m/seg}^2$

Periodo $T_a = 0.10 \text{ seg.}$

Periodo $T_b = 0.60 \text{ seg.}$

$r = 0.5$

Amortiguamiento: 2.0%

Tabla 22. Espectros de diseño

ESPECTRO DE ROCA		ESPECTRO DE SITIO	
	Zona sísmica	C	
Longitud	-99.2873 O	Latitud	19.4599 N
a_0 :	102.09 cm/s^2	a_0 :	153.13 cm/s^2
c :	318.19 cm/s^2	c :	477.29 cm/s^2
		T_a :	0.1 s
		T_b :	0.6 s
		T_c :	2 s
		k :	1.5
		r :	0.5

5.9.2.- Consideraciones para diseño por viento: La estructura de la cubierta es a base de una serie de 60 marcos rígidos en la dirección radial, colocados a cada 12 m y la resistencia ante fuerzas horizontales longitudinales se logra por medio de sistemas de contraventeo verticales combinados con los contraventeos horizontales de techo, que sirven también para proporcionar estabilidad lateral a los marcos rígidos. El terreno donde se ubica el proyecto es una zona urbana con obstrucciones medias al flujo del viento, mismo que se deberá considerar para la determinación de la fuerza del viento.

Determinación de la velocidad básica de diseño: Es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre un componente de la misma y se calcula como sigue:

$$V_D = F_T \times F_{RZ} \times V_R$$

F_T es el factor que depende de la topografía local, adimensional,

F_{RZ} el factor que toma en cuenta el efecto de las características de exposición local, adimensional, y

V_R velocidad regional de ráfaga que corresponde al sitio en donde se construirá la estructura, en km/h.

De acuerdo manual de diseño de obra civiles de la CFE 2008, diseño por viento, en la tabla 4.2.1 se categoriza el terreno según su rugosidad, clasificando el terreno del proyecto de la siguiente manera:

Tabla 23. Clasificación del terreno del proyecto por viento.

Clasificación	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
4	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas.	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor a 20.0 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura.

Velocidad Regional (VR): Para estructuras pertenecientes al grupo A, se tomará un periodo de retorno (T) de 200 años, la velocidad regional que corresponde al sitio, de acuerdo al mapa de isotacas correspondiente (o tabla C.1 CFE 2008) es: VR =130 km/h

Factor de exposición, (FRZ): El factor de exposición local, FRZ, establece la variación de la velocidad del viento con la altura, en función de la categoría del terreno. Este factor se obtiene de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$FRZ = c(z/10)^a$$

Donde:

z = es la altura por encima del terreno natural, a la cual se desea conocer la velocidad de diseño, en m.

a = el exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura, adimensional.

c = el coeficiente de escala de rugosidad, adimensional.

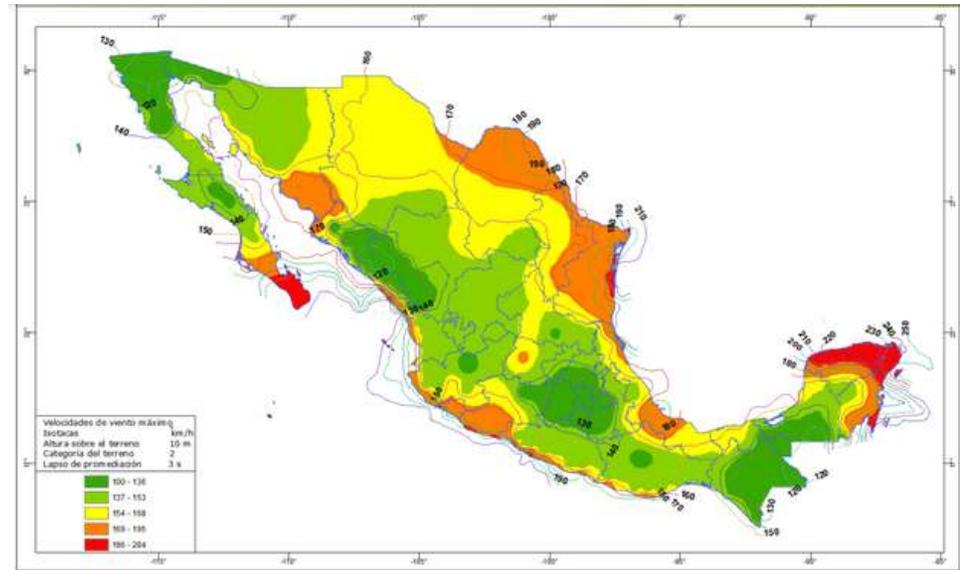


Imagen 165.(2020) Mapa nacional de velocidades del viento Fuente: Manual de diseño de obras civiles por viento C.F.E.2008

Categoría del terreno	a	c
4	0.170	0.815

De acuerdo a la tabla 4.2.3 de valores del manual de obras civiles de la CFE 2008, diseño por viento.

Por lo tanto y debido a que el terreno de desplante es de Categoría 4 (Terreno cubierto por numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas.) de la Tabla 4.2.3 obtenemos:

$$FRZ = 0.815(30.0 / 10)^{0.170}$$

$$FRZ = 1.165$$

Factor de topografía, (FT): Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantará la estructura. De acuerdo con las características topográficas del sitio, en la Tabla 4.2.4 se presentan los valores o expresiones para determinar el valor del factor de topografía.

Sitios	Ejemplos de topografía local	Fr
Normales	Terreno prácticamente plano: Ausencia de cambios topográficos importantes con pendientes menores al 5%	1.0

De acuerdo a la tabla 4.2.4 de valores del manual de obras civiles de la CFE 2008, diseño por viento.

Factor de topografía, (FT): Considerando que el sitio es Normal y un terreno prácticamente plano, el factor de topografía se considera de: **FT=1.0**

Por lo tanto, la Velocidad Básica de diseño (VD) se calcula como sigue: $V D = F T \times FRZ \times VR$

FT = 1.0 adimensional,

Frz = 1.165 adimensional,

VR = 130 km/h.

Sustituyendo en la ecuación anterior: $(1.0)(1.165)(130 \text{ km / hr}) = 151.45 \text{ km/hr}$

Presión dinámica de base (Q_z): Cuando el viento actúa sobre una construcción, genera presiones sobre sus superficies, que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular a él, se denomina presión dinámica de base, en (kg/m^2), y se determina con la siguiente ecuación:

$$Q_z = 0.0048 G V D^2 \text{ en kg/m}^2$$

en donde:

$V D$ = es la velocidad básica de diseño, en km/h, definida en la página anterior.

Q_z = es la presión dinámica de base a una altura z sobre el nivel del terreno, en kg/m^2 .

G = es el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional.

El valor de G se obtiene con la siguiente expresión:

$$G = 0.392 \Omega / 273 + \tau$$

en donde: Ω es la presión barométrica, en mm de Hg-

τ la temperatura ambiental, en $^{\circ}\text{C}$.

Con una altura sobre el nivel del mar de 2,275 metros y una temperatura media anual de 15.8°C , Ω es igual a 600.

$$G = (0.392 \times 600) / 273 + 15.8 = 235.2 / 288.8 = \mathbf{0.814}$$

Regresando a la primer ecuación $Q_z = 0.0048 G V D^2$ en kg/m^2 y sustituyendo:

$$Q_z = 0.0048 \times 0.814 \times 151.45 \times 151.45 = \mathbf{89.62 \text{ kg / m}^2}$$

Una vez determinando estos datos básicos procederemos a calcular la presión exterior e interior generada por el barlovento y sotavento (presión y succión), considerando que las armaduras de la estructura o generatrices son radiales, así que se trabajarán únicamente la armadura más esforzada y aplicar esa carga a toda la estructura.

Presiones exteriores: La presión exterior, Pe , sobre una de las superficies de una construcción cerrada se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$Pe = Cpe \times Ka \times Kl \times Qz$$

en donde:

Pe = es la presión exterior, en kg/m^2 .

Cpe = es el coeficiente de presión exterior, adimensional.

Ka = es el factor de reducción de presión por tamaño de área, adimensional.

Kl = el factor de presión local, adimensional.

Qz = la presión dinámica de base del viento, en kg/m^2 .

Para el viento normal a las generatrices - armadura de barlovento

Para $\theta=0^\circ$, $Cpe = 0.8$ y $KA = 1.0$ (por no ser muro lateral). De acuerdo a la tabla 4.3.1 del MDOC 2008, diseño por viento. Por lo tanto la presión exterior para el muro de Barlovento es:

$$Pe = (0.8)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = \mathbf{71.70 \text{ kg/m}^2}$$

Para el viento normal a las generatrices - armadura de sotavento

Para $\theta=0^\circ$, $Cpe = -0.3$ y $KA = 1.0$ (por no ser muro lateral). De acuerdo a la tabla 4.3.1 del MDOC 2008, diseño por viento. Por lo tanto la presión exterior para el muro de Barlovento es:

$$Pe = (-0.3)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = \mathbf{-26.89 \text{ kg/m}^2}$$

Para el viento normal a las generatrices - armaduras laterales tienen un coeficiente distinto acorde a la distancia y longitud de la estructura, tomando como valor base la altura de la estructura que en este caso es 30.0 m, de acuerdo a la tabla 4.3.2 del MDOC 2008, diseño por viento.

$$Cpe = -0.65 \text{ (0 - 30.0 m)}$$

$$Cpe = -0.3 \text{ (60.0 - 90.0 m)}$$

$$Cpe = -0.50 \text{ (30.0 - 60.0 m)}$$

$$Cpe = -0.2 \text{ (>90.0 m)}$$

En este caso al tratarse de un muro lateral K_a será igual a 0.80

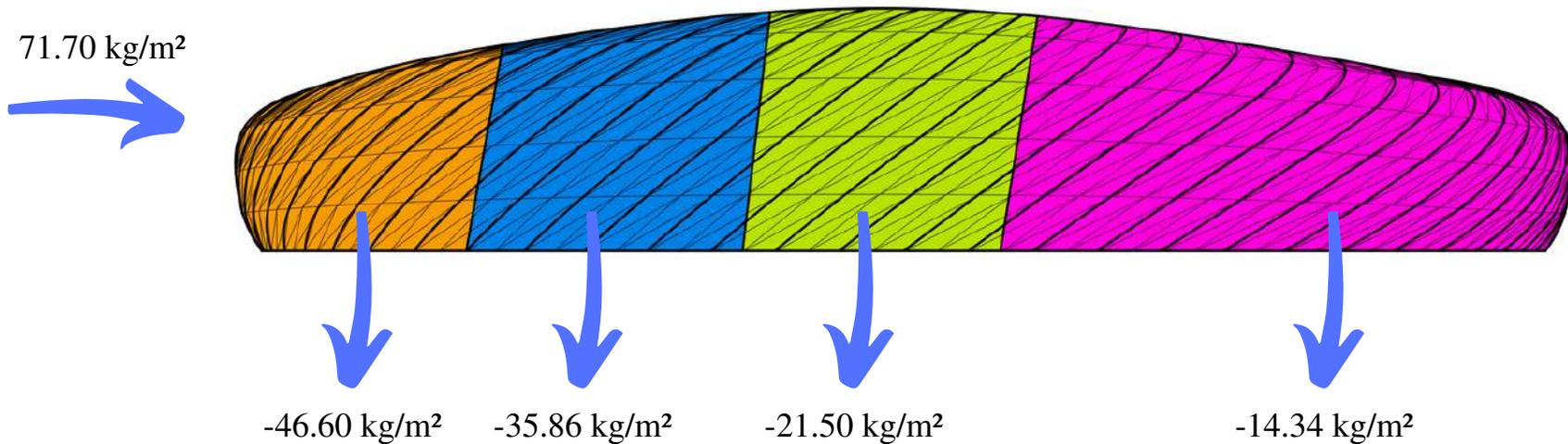
$$(0 - 30.0 \text{ m}) = (-0.65)(0.8)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{46.60 \text{ kg/m}^2}$$

$$(30.0 - 60.0 \text{ m}) = (-0.50)(0.8)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{35.85 \text{ kg/m}^2}$$

$$(60.0 - 90.0 \text{ m}) = (-0.30)(0.8)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{21.50 \text{ kg/m}^2}$$

$$(>90.0 \text{ m}) = (-0.20)(0.8)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{14.34 \text{ kg/m}^2}$$

Croquis de ubicación de cargas por viento en muros.



Cubierta

Para el viento normal a las generatrices - armaduras de cubierta tienen un coeficiente distinto acorde a la distancia y longitud de la estructura, tomando como valor base la altura de la estructura que en este caso es 30.0 m, de acuerdo a la tabla 4.3.3 del MDOC 2008, diseño por viento.

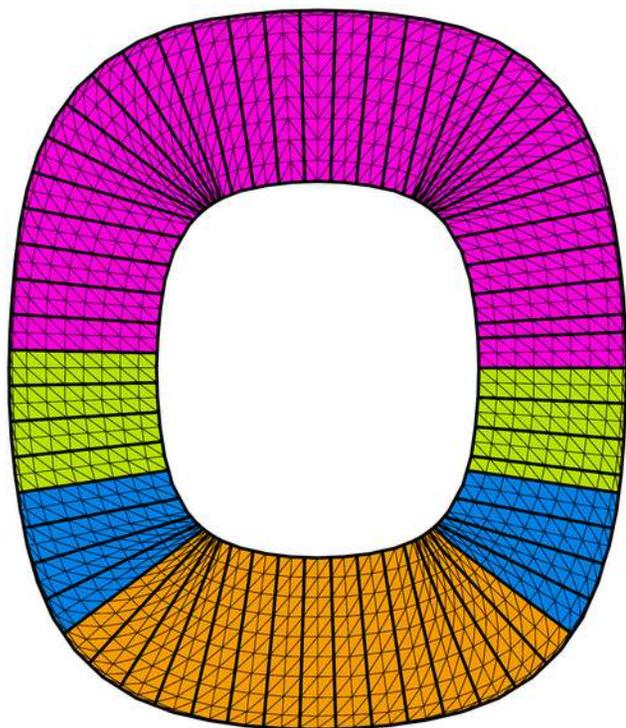
$$C_{pe} = - 0.90 (0 - 30.0 \text{ m}) = (-0.90)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{80.66 \text{ kg/m}^2}$$

$$C_{pe} = - 0.50 (30.0 - 60.0 \text{ m}) = (-0.50)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{44.81 \text{ kg/m}^2}$$

$$C_{pe} = - 0.30 (60.0 - 90.0 \text{ m}) = (-0.30)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{26.89 \text{ kg/m}^2}$$

$$C_{pe} = - 0.20 (>90.0 \text{ m}) = (-0.20)(1.0)(1.0)(89.62 \text{ kg/m}^2) = - \mathbf{17.92 \text{ kg/m}^2}$$

Croquis de ubicación de cargas por viento en cubierta.



- 80.66 kg/m²
- 44.81 kg/m²
- 26.89 kg/m²
- 17.92 kg/m²

Imagen 166.(2020) Presiones del viento sobre la cubierta del estadio.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Resumen de presiones de viento.

Armadura	Resumen de presiones (kg/m ²)	
Barlovento	71.70	Presión
Sotavento	-26.89	Succión
Armaduras Laterales		
-0.65	-46.60	Succión
-0.50	-35.86	Succión
-0.30	-21.50	Succión
-0.20	-14.34	Succión
Cubierta		
-0.90	-80.66	Succión
-0.50	-44.81	Succión
-0.30	-26.89	Succión
-0.20	-17.92	Succión

5.9.3.- Materiales utilizados.

5.9.3.1.- Acero Estructural: Para la cubierta del estadio, armaduras principales, secundarias y largeros se utilizará un acero A-36 con una resistencia de $F_y=2530.0 \text{ kg/cm}^2$ y un $F_{perm}=0.6 F_y$. El diseño de los elementos metálicos se realiza de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Acero de la Ciudad de México (2017).

Las características principales del acero empleado son:

Peso específico:	7860.0 kg /m ³
Modulo de Elasticidad:	2,100,000.0 kgf/cm ²
Coefficiente de Poisson:	0.28
Resistencia de diseño:	1518.0 kg/cm ²

5.9.3.2.- Concreto armado: Para las cimentaciones, los marcos estructurales radiales se utilizará concreto con una resistencia $f'_c= 250.0 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de su colado. En el caso del sistema de gradas y elementos presforzados, se utilizará concreto con una resistencia mínima de $f'_c= 350.0 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de su colado. El diseño de los elementos de concreto se realiza de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto de la Ciudad de México (2017). Las características principales del concreto empleado son:

	$f'_c=250.0 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c=350.0 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico:	2500.0 kg/m ³	2500.0 kg/m ³
Modulo de Elasticidad:	221,359.4 kgf/cm ²	261,916.0 kgf/cm ²
Coefficiente de Poisson:	0.25	0.25
Resistencia de diseño:	212.5 kg/cm ²	297.5 kg/cm ²

El acero de refuerzo es de grado 40, esfuerzo de fluencia $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, salvo en el caso de algunas secciones en donde se especifique que los estribos de castillos o cerramientos de ventanas y puertas son de alambroón, con esfuerzo de fluencia $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$. En los elementos presforzados el acero tendrá un esfuerzo de fluencia de $F_y=17,000 \text{ kg/cm}^2$.

5.9.3.3.- Mampostería: Para la mampostería se consideró Block Macizo de 15.0 x 20.0 x 40.0 cm fabricado por Ansa Prefabricados o cualquier otra empresa que tenga certificados de calidad de sus productos, juntado con mortero tipo I.

Las características principales de la mampostería empleado son:

Peso específico: 1,800 kg / m³

Resistencia de diseño a la compresión de la mampostería $f'p = 100 \text{ kg / cm}^2$

Resistencia de diseño a compresión diagonal $v'm = 2.0 \text{ kg / cm}^2$

Modulo de elasticidad para cargas de corta duración (E_m) = 16,000 kg / cm²

Modulo de elasticidad para cargas sostenidas (E_m) = 7,000 kg / cm²

5.9.4.- Predimensionamiento estructural del edificio de estacionamiento.

Predimensionamiento de trabes: De acuerdo a los planos arquitectónicos el proyecto tiene claros relativamente similares en sus ejes. Por lo que se procederá a predimensionar los elementos estructurales de Trabes.

Claro: 10.6 metros.

Relación: $1:12 = 10.6 \text{ metros} / 12 = 0.83 \text{ m de peralte}$. Trabe tipo de concreto armado de 80.0 x 40 cm.

Predimensionamiento de columnas:

Claro: 10.60 metros

Relación $1:20 = 10.6 \text{ metros} / 20 = 0.53 \text{ m}$

Numero de niveles: 4 niveles (considerando un aumento de 5 cm por nivel)

Dimensiones: 70.0 x 70.0 cm contando con un área de 4,900 cm², se modificará a una sección de 90.0 x 60.0 para tener una mejor configuración estructural global, aumentando a 5,400 cm² de área para cumplir con los requerimientos arquitectónicos del proyecto al contar con un *green roof* en la azotea, aumentando el peso de la estructura.

Predimensionamiento de losa: Se propone una losa nervada para el claro y una correcta distribución de esfuerzos.

Claro: 10.6 metros.

Relación: $1:36 = 10.6 \text{ metros} / 36 = 0.29 \text{ m de peralte}$. Nervadura tipo de concreto armado de 35.0 x 10.0 cm. (considerando que ya incluye los 5.0 cm de la capa de compresión).

5.9.5.- Predimensionamiento estructural del estadio.

Predimensionamiento de trabes: De acuerdo a los planos arquitectónicos el proyecto tiene claros iguales en sus ejes. Por lo que se procederá a predimensionar los elementos estructurales de trabes, considerando que serán elementos presforzados con un concreto $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$ y acero $f_y = 17,000 \text{ kg/cm}^2$

Claro: 14.50 metros.

Relación: $1:20 = 14.5 \text{ metros} / 20 = 0.72 \text{ m}$ de peralte. Trabe tipo de concreto armado de $60.0 \times 40 \text{ cm}$.

Predimensionamiento de columnas:

Claro: 14.50 metros Relación $1:20 = 14.5 \text{ metros} / 20 = 0.72 \text{ m}$

Numero de niveles: 4 niveles (considerando un aumento de 5 cm por nivel)

Dimensiones: $90.0 \times 90.0 \text{ cm}$ contando con un área de $8,100 \text{ cm}^2$, se modificará a una sección de 120.0×90.0 para tener una mejor configuración estructural global, considerando que las cargas vivas de esta tipología son de las más altas en el reglamento vigente y reduciendo de esta manera los efectos de esbeltez por la altura de estos elementos, aumentando a $10,800 \text{ cm}^2$ de área para cumplir con los requerimientos arquitectónicos del proyecto.

Predimensionamiento de losa: Se propone una losa nervada para el claro y una correcta distribución de esfuerzos.

Claro: 14.50 metros. Relación: $1:36 = 14.5 \text{ metros} / 36 = 0.40 \text{ m}$ de peralte. Nervadura tipo de concreto armado de $45.0 \times 12.0 \text{ cm}$. (considerando que ya incluye los 5.0 cm de la capa de compresión).

Predimensionamiento de gradas: Las gradas serán elementos presforzados con un concreto $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$ y acero $f_y = 17,000 \text{ kg/cm}^2$, constituido por trabes y losas.

Claro: 12.0 metros. Relación: $1:20 = 12.0 \text{ metros} / 20 = 0.60 \text{ m}$ de peralte. Trabe tipo de concreto armado de $80.0 \times 20 \text{ cm}$.

Losa de concreto armado: Considerando un ancho de 0.40 metros por 12.0 metros.

Perímetro: 24.80 m

Relación: $P/180 = 24.80 \text{ m} / 180 = 0.137 \text{ cm}$, para evitar efectos de pandeo por la longitud del elemento (12.0 metros) se propondrá una losa de 20.0 cm de espesor para tener la rigidez suficiente, así mismo, ayudará a que los elementos puedan resistir las maniobras de colocación en obra.

5.9.6.- Bajada de cargas del edificio de estacionamiento: La transmisión de cargas se considerará bidireccional, al tener una losa nervada y tableros ligeramente cuadrados, por lo que las cargas de las columnas y trabes se trabajarán de la siguiente manera:

Área tributaria de trabe (10.60 mts de claro): 52.50 metros cuadrados.

Carga de trabe para losa de estacionamiento: $52.50 \text{ m} \times 808.0 \text{ kg} = 42,420.0 \text{ kg}$ ó 42.42 toneladas.

Carga de trabe para losa de azotea: $52.50 \text{ m} \times 1808.0 \text{ kg} = 94,920.0 \text{ kg}$ ó 94.92 toneladas.

Área tributaria de la columna: 87.45 metros cuadrados

Matriz de carga para losa de estacionamiento:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
FIRME DE CONCRETO PULIDO	1.00 X 1.00 X 0.10 X 2400.00 KG/M3	240.00
RETICULA	1.00 X 0.10 X 0.30 X 2400.00 KG/M3	288.00
INSTALACIONES		30.00
	CARGA MUERTA	558.00
	CARGA VIVA (NTC)	250.00
	TOTAL=	808.00

Matriz de carga para losa de azotea con Green Roof:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
FIRME DE CONCRETO PULIDO	1.00 X 1.00 X 0.10 X 2400.00 KG/M3	240.00
RETICULA	1.00 X 0.10 X 0.30 X 2400.00 KG/M3	288.00
INSTALACIONES		30.00
	CARGA MUERTA	558.00
	SOBRECARGA***	1000.00
	CARGA VIVA (NTC)	250.00
	TOTAL=	1808.00

***Se propone una sobrecarga de 1.0 toneladas / m² considerando que esta carga ya incluye el peso propio de la tierra, sustratos, drenaje y material para el sistema, así mismo, se propone una naturación intensiva donde recomiendan una carga de 400 kg/m² para esta intensidad de vegetación.

Consideraciones Generales

Losa tipo estacionamiento = 808.0 kg/m²

Losa de azotea (Green Roof) = 1808.0 kg/m²

Peso propio de la cimentación = 15 % Factor de Seguridad = 40%

Área tributaria de Columna= 87.45 m²

Resistencia del terreno: 8.0 Ton/m²

Profundidad de Excavación: 3.80 m

Peso propio del terreno: 1.80 Ton/m³

Carga a columna

Losa tipo estacionamiento = 808.0 kg/m² x 87.45 m² x 2.0 niveles = 141,319.2 kg ó 141.32 toneladas

Losa azotea (Green Roof) = 1808.0 kg/m² x 87.45 m² x 1.0 niveles = 158,109.6 kg ó 158.11 toneladas

Trabes = 18.85 metros x 0.80 x 0.40 x 2400.0 kg/m³ = 14,476.8 kg ó 14.48 toneladas.

Columnas = 3.0 x 3.0 x 0.90 x 0.60 x 2400.0 kg/m³ = 11,664.0 kg ó 11.67 toneladas

Carga parcial = 141.32 ton + 158.11 ton + 14.48 + 11.67 = 325.58 ton.

325.58 Toneladas x 0.15 (Cimentación) = 48.84 Toneladas

374.42 Toneladas x 0.40 (F. Seguridad) = 149.77 Toneladas

Carga Total = 524.19 Toneladas

Cimentación:

Resistencia del terreno = 87.45 x 8.0 ton/m² = 699.60 Toneladas

Compensación del terreno = 87.45 x 3.80 m de profundidad = 332.31 m³ de excavación

Peso excavado = 332.31 m³ x 1.80 ton/ m³ = 598.15 Toneladas

Resistencia final del terreno = 699.60 + 598.15 = 1,297.75 Toneladas. (14.84 ton/m²)

Comparación de carga/resistencia: 524.19 ton / 1297.75 ton = 0.4039 = 40.39%

El terreno resiste el peso de la estructura, de acuerdo a la comparación de cargas se propone una cimentación a base de zapatas aisladas con trabes de liga para rigidizar la cimentación.

5.9.7.- Bajada de cargas del estadio: La transmisión de cargas se considerará unidireccional, de acuerdo a la disposición estructural de las columnas y la geometría de las gradas, por lo que las cargas de las columnas y traveses se trabajarán de la siguiente manera:

Área tributaria de trabe (14.50mts de claro): 174.0 metros cuadrados.

Carga de trabe para losa de gradas: $174.0 \text{ m} \times 1148.0 \text{ kg} = 199,752.0 \text{ kg}$ ó 199.75 toneladas.

Carga de trabe para losa de circulación: $174.0 \text{ m} \times 1042.0 \text{ kg} = 181,308.0 \text{ kg}$ ó 181.30 toneladas.

Área tributaria de la columna: 87.00 metros cuadrados

Matriz de carga para losa de gradas:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
LOSA DE CONCRETO ARMADO - GRADAS	1.00 X 0.80 X 0.20 X 2400.00 KG/M3	384.00
TRABE DE CONCRETO ARMADO - GRADAS	1.00 X 0.80 X 0.20 X 2400.00 KG/M3	384.00
INSTALACIONES		30.00
	CARGA MUERTA	798.00
	CARGA VIVA (NTC)	350.00
	TOTAL=	1148.00

Matriz de carga para losa de circulación:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
LOSETA DE TERRAZO	1.00 X 1.00 X 0.04 X 1800.00 KG/M3	72.00
ADHESIVO (PEGAZULEJO)	1.00 X 1.00 X 0.01 X 1800.00 KG/M3	9.00
FIRME DE CONCRETO	1.00 X 1.00 X 0.05 X 2400.00 KG/M3	120.00
RETICULA DE LOSA	1.00 X 0.12 X 0.40 X 2400.00 KG/M3	460.80
INSTALACIONES		30.00
	CARGA MUERTA	691.80
	CARGA VIVA (NTC)	350.00
	TOTAL=	1041.80

5.9.7.- Bajada de cargas del estadio:**Consideraciones Generales**

Losa de gradas = 1148.0 kg/m²

Losa de circulación = 1042.0 kg/m²

Peso propio de la cimentación = 15 %

Factor de Seguridad = 40%

Área tributaria de Columna= 87.00 m²

Resistencia del terreno: 8.0 Ton/m²

Carga a columna

Losa de gradas = 1148.0 kg/m² x 87.00 m² x 1.0 niveles = 99,876.0 kg ó 99.88 toneladas

Losa de circulación= 1042.0 kg/m² x 87.00 m² x 3.0 niveles = 271,962 kg ó 272.0 toneladas

Trabes de gradas = 31.5 m x 0.80 x 0.40 x 2400.0 kg/m³ = 24,192.0 kg ó 24.19 toneladas.

Columnas = 18.40 m x 1.20m x 0.90 m x 2400.0 kg/m³ = 47,692.8 kg ó 47.69 toneladas.

Carga parcial = 99.88 ton + 272.0 ton + 47.69 + 24.19 = 443.76 ton.

443.76 Toneladas x 0.15 (Cimentación) = 66.56 Toneladas

510.32 Toneladas x 0.40 (F. Seguridad) = 204.12 Toneladas

Carga Total = 714.44 Toneladas

Cimentación:

Resistencia del terreno = 87.00 x 8.0 ton/m² = 696.0 Toneladas

Comparación de carga/resistencia: 714.44 ton / 696.0 ton = 1.026 = 102.60%

El terreno no resiste el peso de la estructura, de acuerdo a la comparación de cargas se propone una cimentación a base de losa de cimentación y pilas para una correcta transmisión del peso de la estructura al suelo.

5.9.7.- Bajada de cargas de la cubierta del estadio: La transmisión de cargas se considerará unidireccional, de acuerdo a la disposición estructural de las armaduras. Se considera un apoyo en una columna del graderío y un segundo apoyo en una columna aislada, por lo que las cargas de las columnas y traveses se trabajarán de la siguiente manera:

Columna Cubierta - Gradadas

Área tributaria de la armadura(45.0 mts de longitud) : 540.0 metros cuadrados.

Área tributaria de la columna: 540 .00 metros cuadrados

Matriz de carga para cubierta con pendiente menor a 5%:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
LAMINA PINTRO CALIBRE 12	ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE	21.00
ESTRUCTURA DE SOPORTE	ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE	30.00
INSTALACIONES		30.00

CARGA MUERTA	81.00
CARGA VIVA (NTC)	100.00
TOTAL=	181.00

Columna Cubierta.

Área tributaria de la armadura(35.0 mts de longitud) : 420.0 metros cuadrados.

Área tributaria de la columna: 420 .00 metros cuadrados

Matriz de carga para cubierta con pendiente mayor a 5%:

CONCEPTO	VOLUMEN (METROS)	KG/M2
LAMINA PINTRO CALIBRE 12	ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE	21.00
ESTRUCTURA DE SOPORTE	ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE	30.00
INSTALACIONES		30.00

CARGA MUERTA	81.00
CARGA VIVA (NTC)	40.00
TOTAL=	121.00

5.9.7.- Bajada de cargas de la cubierta del estadio:**Consideraciones Generales**

Losa de gradas = 1148.0 kg/m²

Losa de circulación = 1042.0 kg/m²

Peso de cubierta = 181.0 kg/m²

Peso propio de la cimentación = 15 %

Factor de Seguridad = 40%

Área tributaria de Columna= 87.00 m²

Resistencia del terreno: 8.0 Ton/m²

Columna Cubierta - Gradas

Losa de gradas = 1148.0 kg/m² x 87.00 m² x 1.0 nivel = 99,876.0 kg ó 99.88 toneladas

Losa de circulación= 1042.0 kg/m² x 87.00 m² x 3.0 niveles =271,962 kg ó 272.0 toneladas

Trabes de gradas = 31.5 m x 0.80 x 0.40 x 2400.0 kg/m³ = 24,192.0 kg ó 24.19 toneladas.

Columnas = 30.80 m x 1.20m x 0.90 m x 2400.0 kg/m³ = 79,833.6 kg ó 79.83 toneladas.

Cubierta = 181.0 kg x 540.0 m² x 1.0 nivel = 97,740.0 kg ó 97.74 toneladas.

Estructura de cubierta = 45.0 m x 463.2 kg/m =20,844.0 kg ó 20.84 toneladas.

Carga parcial = 99.88 ton + 272.0 ton + 79.83 +24.19 + 97.74 +20.84 = 594.48 ton.

594.48 Toneladas x 0.15 (Cimentación) = 89.17 Toneladas

683.65 Toneladas x 0.40 (F. Seguridad) = 273.46 Toneladas

Carga Total = 957.11 Toneladas

Cimentación:

Resistencia del terreno = 87.00 x 8.0 ton/m² = 696.0 Toneladas

Comparación de carga/resistencia: 957.11 ton / 696.0 ton = 1.3751 = 137.51%'

El terreno no resiste el peso de la estructura, de acuerdo a la comparación de cargas se propone una cimentación a base de losa de cimentación y pilas para una correcta trasmisión del peso de la estructura al suelo.

5.9.7.- Bajada de cargas de la cubierta del estadio:**Consideraciones Generales**

Losa de gradas = 1148.0 kg/m²

Losa de circulación = 1042.0 kg/m²

Peso de cubierta = 121.0 kg/m²

Peso propio de la cimentación = 15 %

Factor de Seguridad = 40%

Área tributaria de Columna= 87.00 m²

Resistencia del terreno: 8.0 Ton/m²

Columna Cubierta

Losa de gradas = 1148.0 kg/m² x 87.00 m² x 1.0 nivel = 99,876.0 kg ó 99.88 toneladas

Losa de circulación= 1042.0 kg/m² x 87.00 m² x 3.0 niveles =271,962 kg ó 272.0 toneladas

Trabes de gradas = 31.5 m x 0.80 x 0.40 x 2400.0 kg/m³ = 24,192.0 kg ó 24.19 toneladas.

Columnas = 30.80 m x 1.20m x 0.90 m x 2400.0 kg/m³ = 79,833.6 kg ó 79.83 toneladas.

Cubierta = 121.0 kg x 420.0 m² x 1.0 nivel = 50,820.0 kg ó 50.82 toneladas.

Estructura de cubierta = 35.0 m x 463.2 kg/m =16,212.0 kg ó 16.21 toneladas.

Carga parcial = 99.88 ton + 272.0 ton + 79.83 +24.19 + 50.82 +16.21= 542.93 ton.

542.93 Toneladas x 0.15 (Cimentación) = 81.44Toneladas

624.37 Toneladas x 0.40 (F. Seguridad) = 249.75Toneladas

Carga Total = 874.12 Toneladas

Cimentación:

Resistencia del terreno = 87.00 x 8.0 ton/m² = 696.0 Toneladas

Comparación de carga/resistencia: 874.12 ton / 696.0 ton = 1.25591 = 125.59%

El terreno no resiste el peso de la estructura, de acuerdo a la comparación de cargas se propone una cimentación a base de losa de cimentación y pilas para una correcta trasmisión del peso de la estructura al suelo.

5.9.8.- Predimensionamiento de cimentación:

El terreno al encontrar en zona I - Lomerío presenta una resistencia adecuada para colocar pilas de fricción, además, la carga para contrarrestar con las pilas no es tan significativa para utilizar pilas de punta.

Resistencia del terreno = $87.00 \text{ m}^2 \times 8.0 \text{ ton/m}^2 = 696.0$ toneladas

Columna tipo 1: 714.44 ton, carga restante = 18.44 toneladas.

Columna tipo 2: 957.11 ton, carga restante = 261.11 toneladas.

Columna tipo 3: 874.12 ton, carga restante = 178.12 toneladas.

Propuesta de pila - Diámetro 60.0 cm

Perímetro: $2.0 \times 3.1416 \times 0.30 \text{ m} = 1.88$ metros.

Resistencia por m^2 de profundidad = $1.88 \text{ metros} \times 8.0 \text{ ton}/2 = 15.04 \text{ ton / m}$

Columna tipo 1: $18.44 \text{ toneladas} / 15.04 = 1.23$ metros de profundidad **∴ 1 pila de 2.0 metros de profundidad.**

Columna tipo 2: $261.11 \text{ toneladas} / 15.04 = 17.36$ metros de profundidad **∴ 3 pila de 6.0 metros de profundidad.**

Columna tipo 3: $178.12 \text{ toneladas} / 15.04 = 11.84$ metros de profundidad **∴ 2 pila de 6.0 metros de profundidad.**

Propuesta de pila - Diámetro 80.0 cm

Perímetro: $2.0 \times 3.1416 \times 0.40 \text{ m} = 2.51$ metros.

Resistencia por m^2 de profundidad = $2.51 \text{ metros} \times 8.0 \text{ ton}/2 = 20.08 \text{ ton / m}$

Columna tipo 1: $18.44 \text{ toneladas} / 20.08 = 0.918$ metros de profundidad **∴ 1 pila de 2.0 metros de profundidad.**

Columna tipo 2: $261.11 \text{ toneladas} / 20.08 = 13.00$ metros de profundidad **∴ 1 pila de 14.0 metros de profundidad.**

Columna tipo 3: $178.12 \text{ toneladas} / 20.08 = 8.87$ metros de profundidad **∴ 1 pila de 9.0 metros de profundidad.**

En la propuesta de pilas con un diámetro de 60.0 cm se estandariza la profundidad y la cantidad de pilas, por lo que presenta mejores ventajas constructivas a trabajar con pilas de 80.0 cm de diámetro.

**5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo:
Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.**

Combinaciones de carga:

- 1.4 (CM) + 1.6(CVm)
- 1.2(CM) + 0.5(CVa) + 1.0(Viento)

CM = Carga muerta o carga permanente.

CVm= Carga viva máxima o carga variable máxima.

CVa = Carga viva reducida o carga variable reducida.

El diseño inicial de la armadura tipo consta de la topología establecida en el croquis, así como los claros y sus condiciones de apoyo. La armadura tiene un claro en cantiliver de 45.0 metros a su apoyo más próximo, con una sección variable, empezando con 2.80 metros hasta llegar a 7.80 metros de peralte en el apoyo.

Área tributaria por cada nodo: 48.0 m²

Número de nodos: 19.0

Carga muerta: 81.0 kg

Carga viva max: 100.0 kg

Carga viva reducida: 70.0 kg

Presión del viento: 80.70 kg

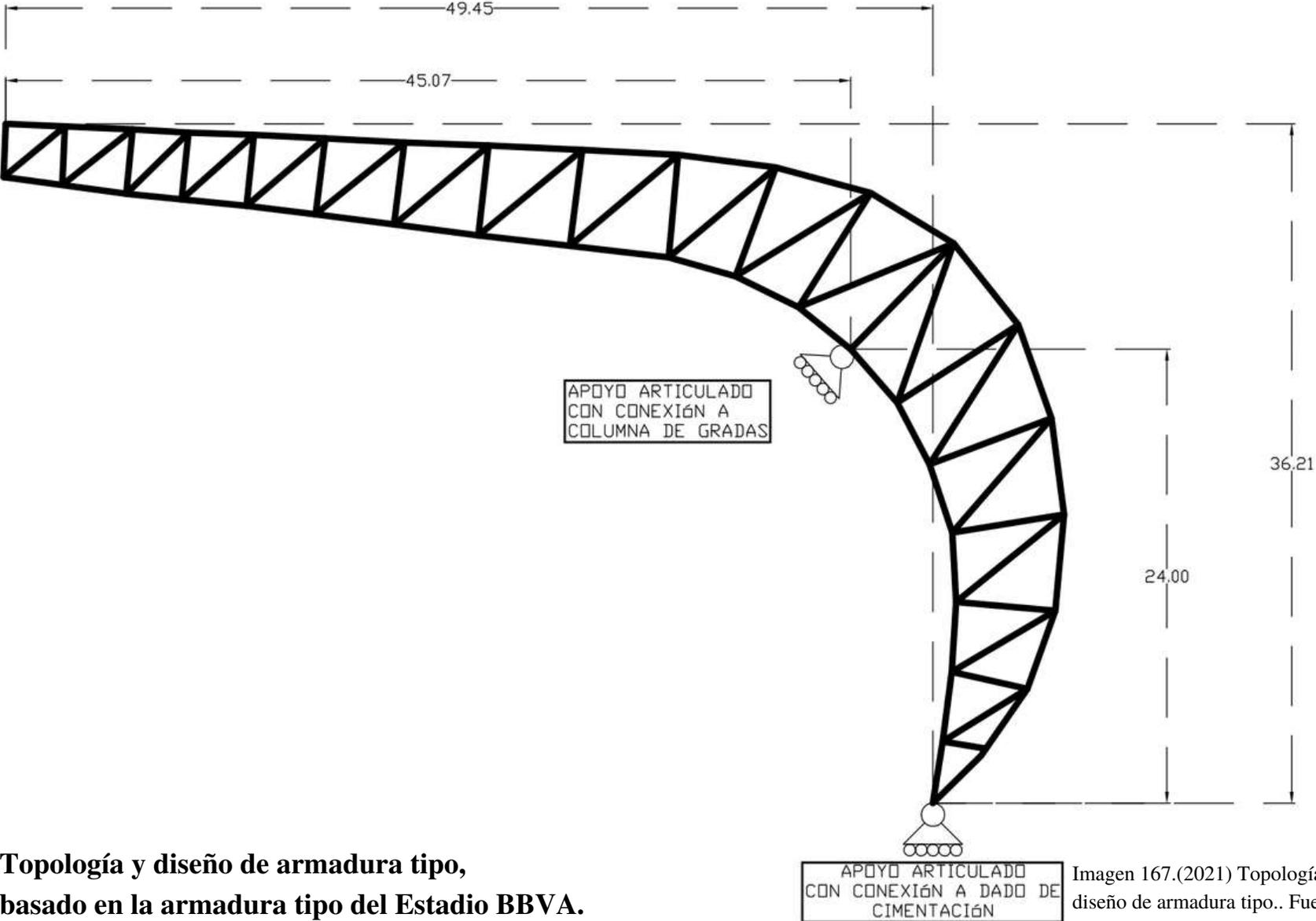
Combinación de carga 1: $(1.40 \times 81.0) + (100 \times 1.60) = \mathbf{273.40 \text{ kg/m}^2}$

Combinación de carga 2: $(1.20 \times 81.0) + (70 \times 0.50) + (1.0 \times 80.70) = \mathbf{213.20 \text{ kg/m}^2}$

*** Se utilizará la combinación 1 al ser la más desfavorable, presentando mayores cargas para el análisis, asegurando que si cumple con los requerimiento de la misma, también los cumplirá con la combinación 2.

Carga por nodo con combinación 1: $48.0 \text{ m}^2 \times 273.40 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{13,123.2 \text{ kg}}$

Perfil propuesto: HSS de 18"x 18" x 15.9 mm de espesor



Topología y diseño de armadura tipo, basado en la armadura tipo del Estadio BBVA.

Imagen 167.(2021) Topología y diseño de armadura tipo.. Fuente: Elaboración propia.

5.9.9- Análisis estructural previo de armadura tipo.

Modelo de análisis.

Considerando los vectores de aplicación de cargas, apoyos y reacciones en la armadura.

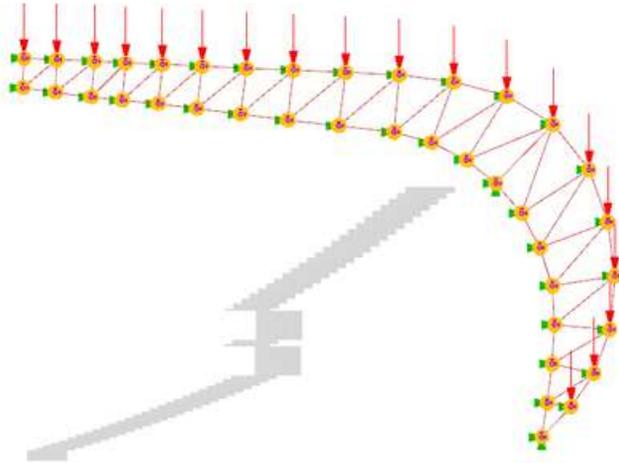


Imagen 168.(2021) Modelo de análisis de armadura.
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de utilización - Esfuerzo / Resistencia

Máximo a compresión: 83.00 %

Máximo a tensión: 81.80%

Con un peso del acero de la armadura de 31.106 toneladas, este diseño puede considerarse correcto y proceder al análisis de validación. La pregunta aquí es ¿Este diseño es la mejor propuesta para esta cubierta? Para solucionar esta pregunta realizaremos la optimización cuidando los desplazamientos y los factores de utilización de la estructura.

Diagrama de desplazamiento - Elástica deformada

Desplazamiento permisible: $4500/240 = 18.75$ cm

Desplazamiento actuante = 7.95 cm

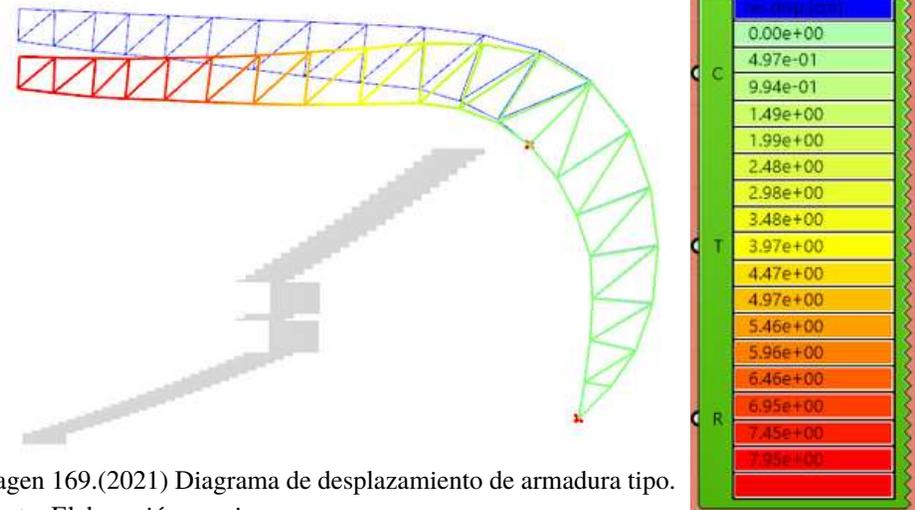


Imagen 169.(2021) Diagrama de desplazamiento de armadura tipo.
Fuente: Elaboración propia.

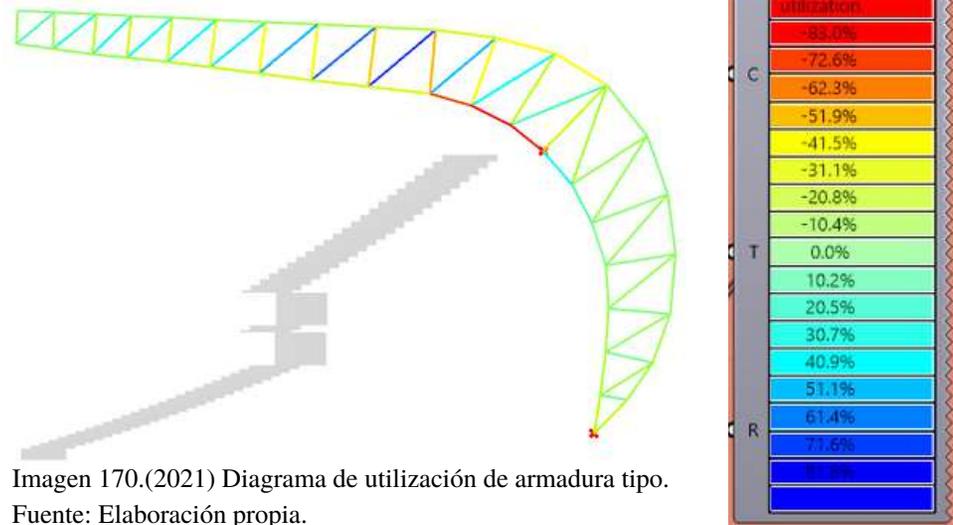


Imagen 170.(2021) Diagrama de utilización de armadura tipo.
Fuente: Elaboración propia.

5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

Es importante mencionar que en el algoritmo de optimización, es necesario establecer límites en los genes, para delimitar los resultados del fenotipo que estamos buscando. Si no se delimitan el algoritmo estará analizando decenas o cientos de resultados que no están cumpliendo con los objetivos, volviendo deficiente el proceso y por ende el resultado de la optimización. En este caso particular, se propone un límite en los genes que definen la armadura, específicamente en el número de montantes y diagonales, el límite inferior se estableció marcando en un diseño ligero con pocas montantes, que teóricamente pasa por deflexión y por factor de utilización, descartando en primera medida cualquier diseño inferior a este en número de montantes. Así mismo, el límite superior se estableció marcando un diseño robusto, con un número mayor de montantes y diagonales, cumpliendo de igual manera los requerimientos de deflexión y factor de utilización, cualquier diseño superior en número de montantes será descartado por considerar sobre-reforzado y costoso. Es importante mencionar que se considera una optimización del acomodo de montantes y diagonales en primera instancia, trabajando posteriormente una optimización del tamaño del perfil.

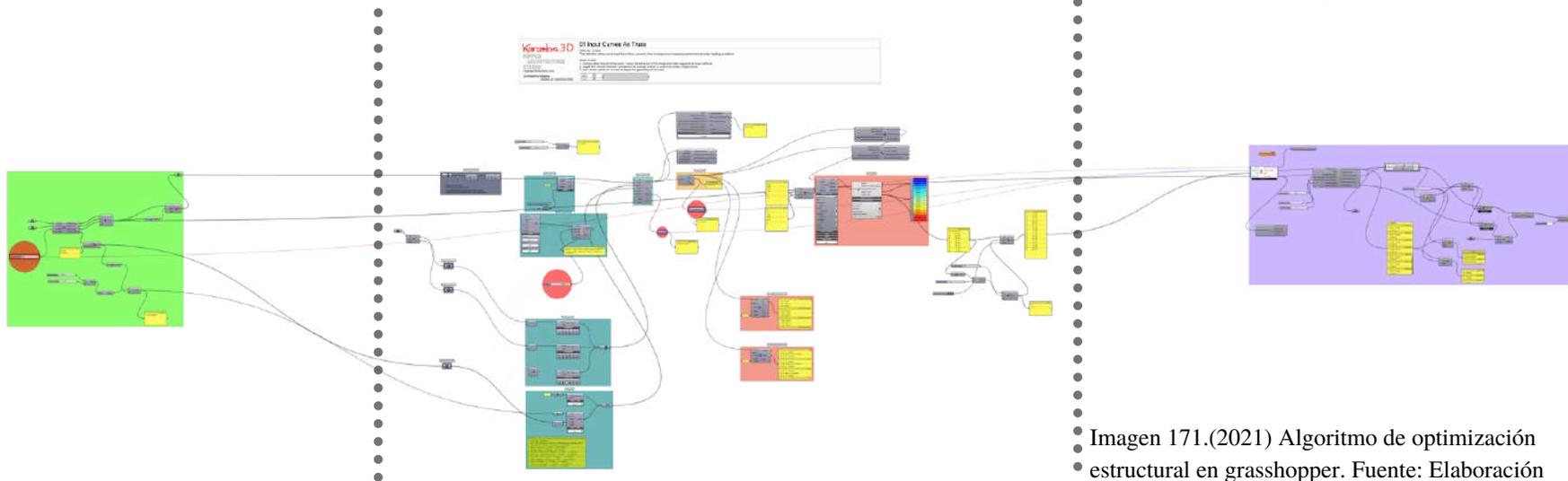
Definición geométrica**Análisis estructural****Optimización**

Imagen 171.(2021) Algoritmo de optimización estructural en grasshopper. Fuente: Elaboración propia.

5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

Diseño limite inferior

Diagrama de desplazamiento - Elástica deformada

Desplazamiento permisible: $4500/240 = 18.75$ cm

Desplazamiento actuante = 8.09 cm

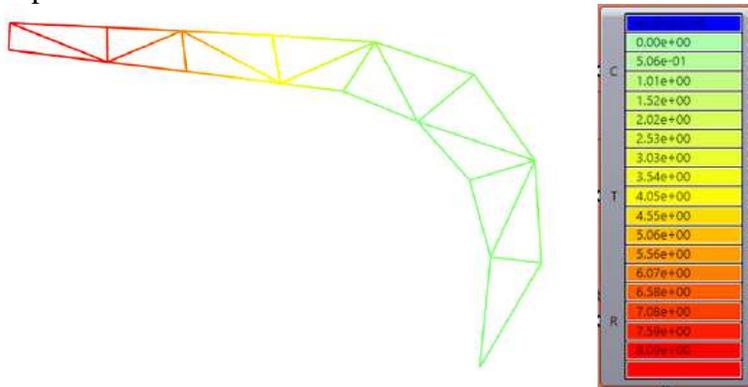
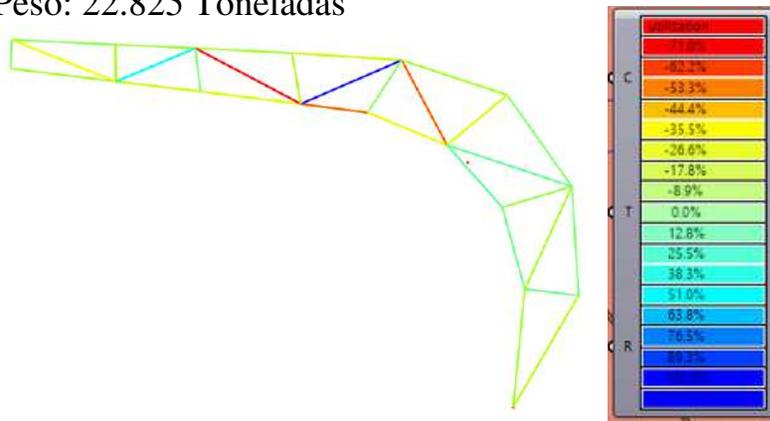


Diagrama de utilización - Esfuerzo / Resistencia

Máximo a compresión: 71.00%

Máximo a tensión: 102.00%

Peso: 22.825 Toneladas



Diseño limite superior

Diagrama de desplazamiento - Elástica deformada

Desplazamiento permisible: $4500/240 = 18.75$ cm

Desplazamiento actuante = 5.64 cm

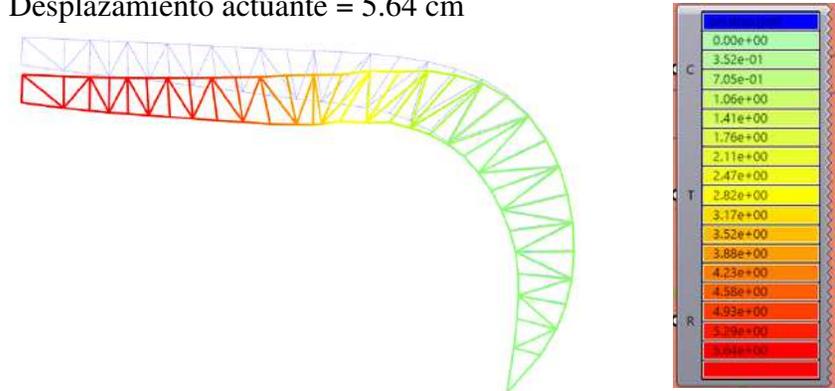
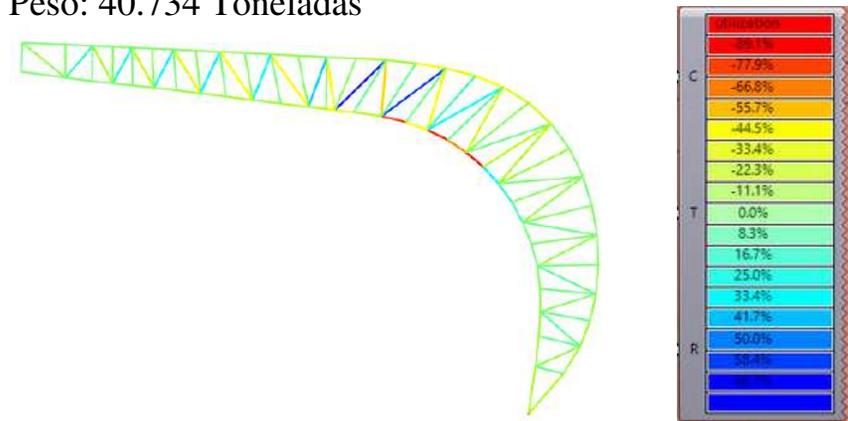


Diagrama de utilización - Esfuerzo / Resistencia

Máximo a compresión: 89.10 %

Máximo a tensión: 66.70%

Peso: 40.734 Toneladas



5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

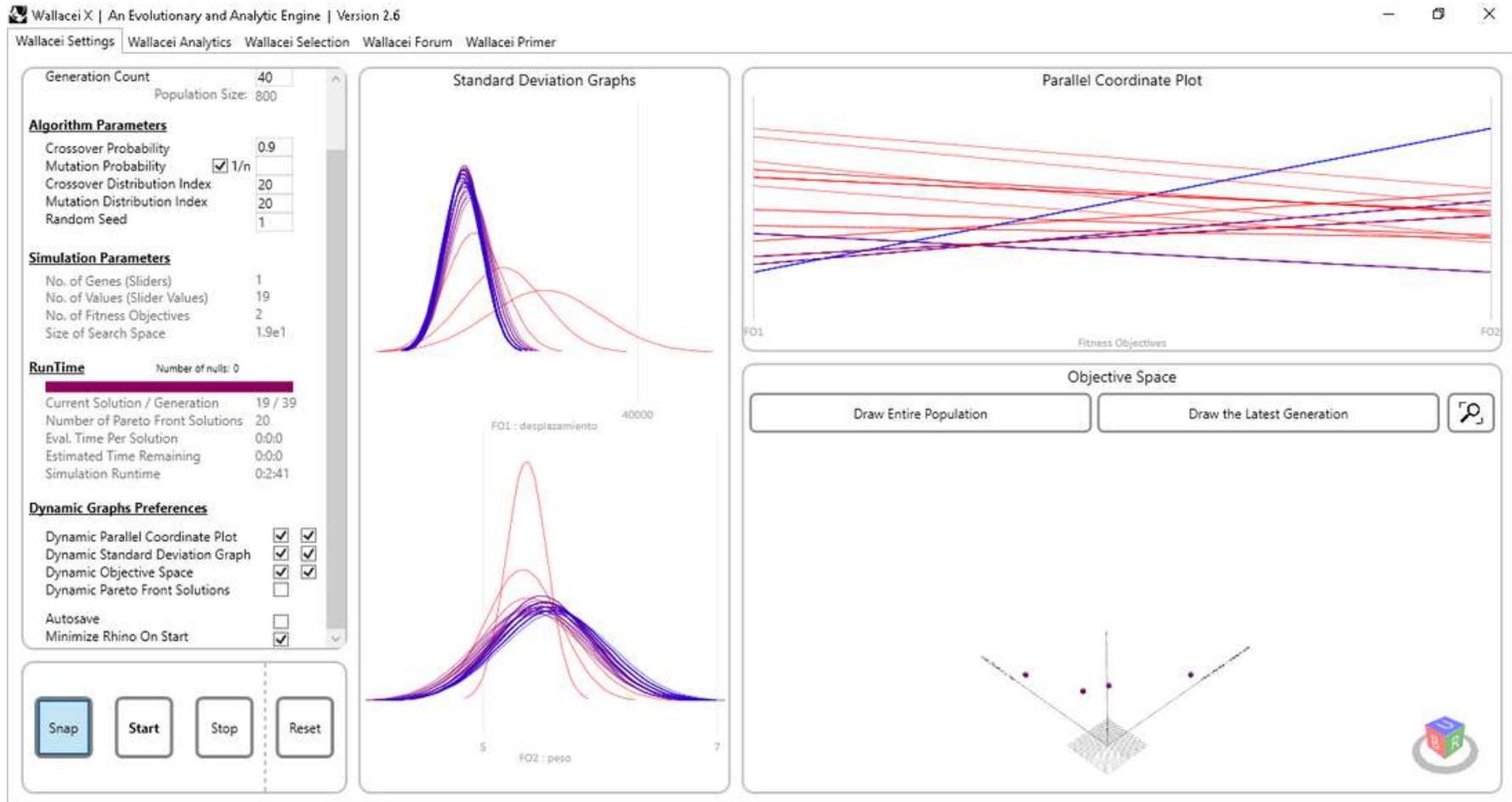


Imagen 173.(2021) Configuración del optimizador Wallacei. Fuente: Elaboración propia.

Interfaz de Wallacei: Podemos visualizar todas las consideraciones para la optimización. En este caso los gráficos de desviación estándar son muy importantes, ya que las curvas en color rojo demuestran las primeras soluciones (no optimas) y como se van comportando los fenotipos respecto a los objetivos, cambiando de color a morado y llegando finalmente a color azul para indicar que de acuerdo a los genes, se va llegando a los mejores resultados.

5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

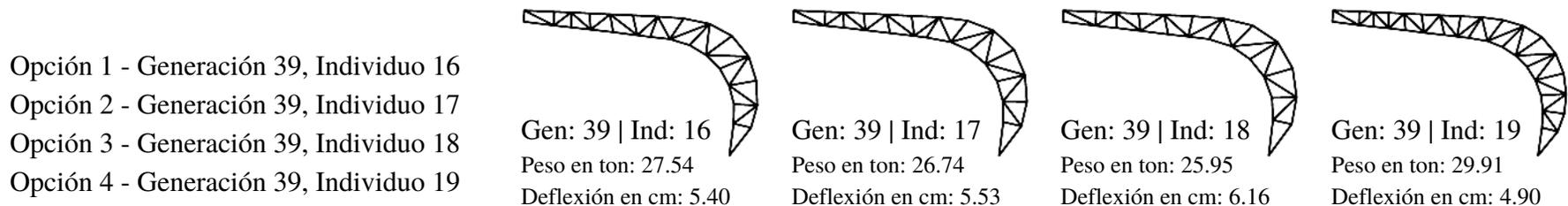
Número de soluciones exportadas: 20 de 800



5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

Como se puede visualizar en las 3 páginas anteriores, los resultados demuestran que realizar una estructura robusta y pesada no conlleva específicamente a un mejor comportamiento estructural. Entre nuestros límites planteados, la diferencia es de 17.91 toneladas, disminuyendo 2.45 cm en la deflexión. Analizando los resultados arrojados por la optimización nos percatamos que a pesar de presentar las mejores 20 soluciones de 800 analizadas en realidad son 4 soluciones, que al hacer las iteraciones de valores el programa reafirma la solución al no encontrar mejores resultados. Es importante mencionar que de las soluciones planteadas, el nuevo límite inferior presenta un peso en toneladas de 25.95 y una deflexión de 6.16 cm, es decir que con una diferencia de 3.13 toneladas, logra disminuir 1.93 cm en la deflexión global respecto al límite inferior anterior. Respecto al nuevo límite superior presenta un peso de 29.91 toneladas y una deflexión de 4.90 cm, presentando una diferencia de 7.09 toneladas con una disminución de la deflexión de 3.19 cm, siendo más eficiente y económico que el límite superior anterior, considerando además que cualquier aumento del peso de la estructura aumentará la deflexión y se volverá contraproducente. Es importante mencionar que esta optimización estructural le tomo 2 minutos y 41 segundos a la computadora para poder analizar 800 propuestas, es aquí donde se encuentra la ventaja de usar algoritmos generativos y optimizaciones multi-objetivos para flujos de trabajo.

Elección de la armadura tipo: A partir de este momento es importante definir el criterio para la elección de la armadura tipo, normalmente estos procesos de optimización nunca muestran un único resultado eficiente, en este caso muestra 4 posibles resultados de acuerdo a nuestros objetivos y genomas planteados.



5.9.9.- Análisis estructural previo de armadura tipo.

Los criterios para la selección de la armadura tipo serán los siguientes: La opción 1 y 2 son relativamente similares y la diferencia de 0.13 cm de deflexión, considerándose despreciable, por lo que la primera opción quedará descartada por tener un peso mayor (800 kilogramos). Así mismo, no se trabajará con los diseños límites nuevos por considerar el límite inferior como una estructura liviana y el límite superior como una estructura robusta, trabajando de ahora en adelante con la propuesta número 2 para los siguientes análisis. Para ello mostraremos los resultados de su análisis estructural previo.

Diagrama de desplazamiento - Elástica deformada

Desplazamiento permisible: $4500/240 = 18.75$ cm

Desplazamiento actuante = 5.53 cm

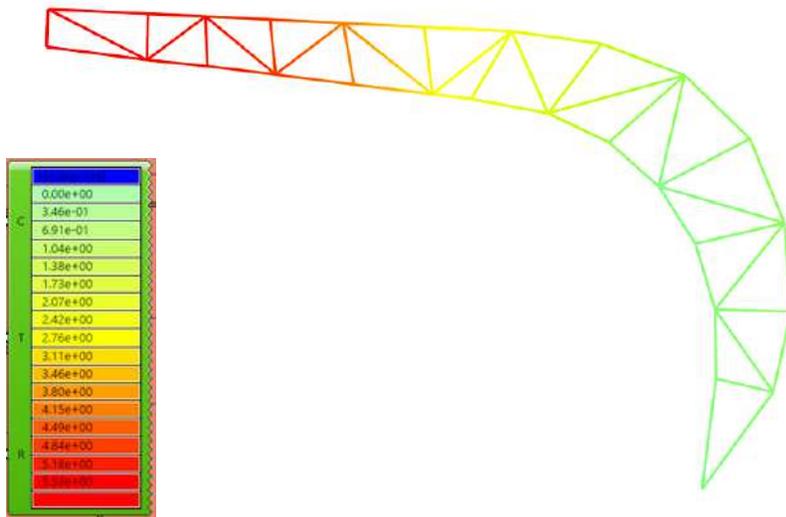


Imagen 175.(2021) Diagrama de desplazamiento, solución final.

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de utilización - Esfuerzo / Resistencia

Máximo a compresión: 87.30%

Máximo a tensión: 69.40%

Peso: 26.738 Toneladas

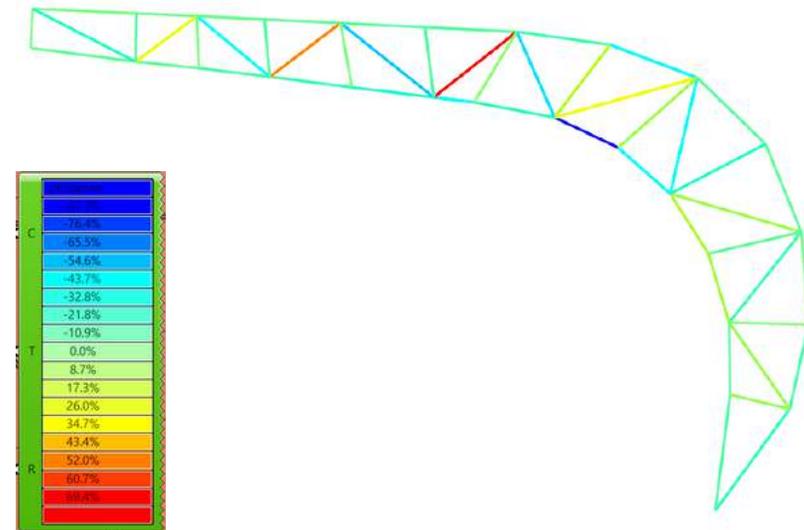


Imagen 176.(2021) Diagrama de utilización, solución final.

Fuente: Elaboración propia.

5.9.10.- Análisis estructural de validación de armadura tipo:**Combinaciones de carga:**

- 1.4 (CM) + 1.6(CVm)
- 1.1 (CM + CVa + Fxsism + 0.3 Fysism)
- 1.1 (CM + CVa + Fysism + 0.3 Fxsism)
- 1.2(CM) + 0.5(CVa) + 1.0(Viento)

CM = Carga muerta o carga permanente.

CVm= Carga viva máxima o carga variable máxima.

CVa = Carga viva reducida o carga variable reducida.

Fxsism = Fuerza del sismo en el eje X.

Fysism = Fuerza del sismo en el eje Y.

Área tributaria por cada nodo: 70.20 m²

Número de nodos: 13.0

Carga muerta: 81.0 kg

Carga viva max: 100.0 kg

Carga viva reducida: 70.0 kg

Presión del viento: 80.70 kg

Combinación de carga para análisis por sismo:

Combinación de carga 1: $(1.40 \times 81.0) + (100.0 \times 1.60) = 273.40 \text{ kg/m}^2$

Combinación de carga 2: $(1.10 \times 81.0) + (70.0 \times 1.10) + \text{Sismo X} + 0.3 \text{ Sismo Y} = 166.10 \text{ kg/m}^2$

Combinación de carga 3: $(1.10 \times 81.0) + (70.0 \times 1.10) + \text{Sismo Y} + 0.3 \text{ Sismo X} = 166.10 \text{ kg/m}^2$

Carga por nodo con combinación 1: $70.20 \text{ m}^2 \times 273.40 \text{ kg/m}^2 = 19,192.68 \text{ kg}$

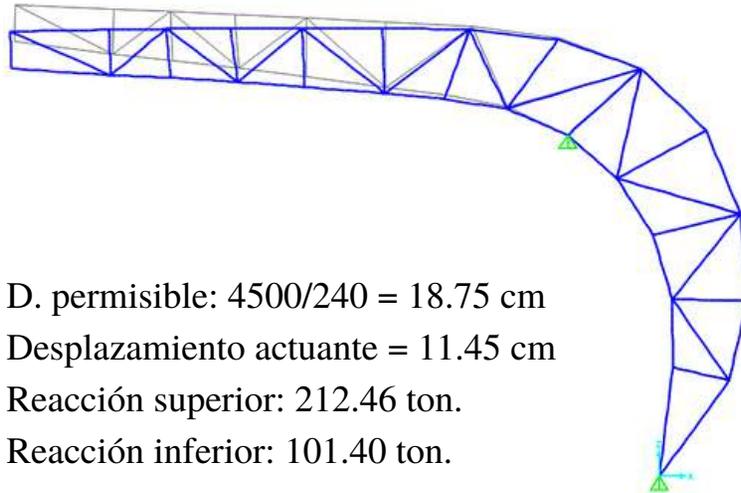
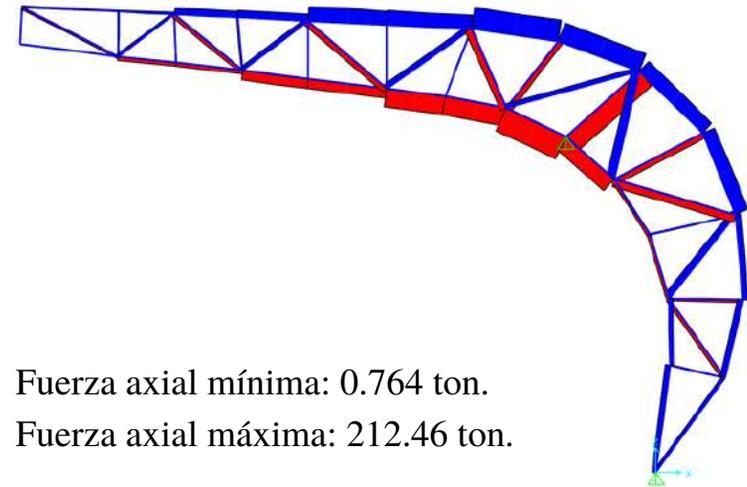
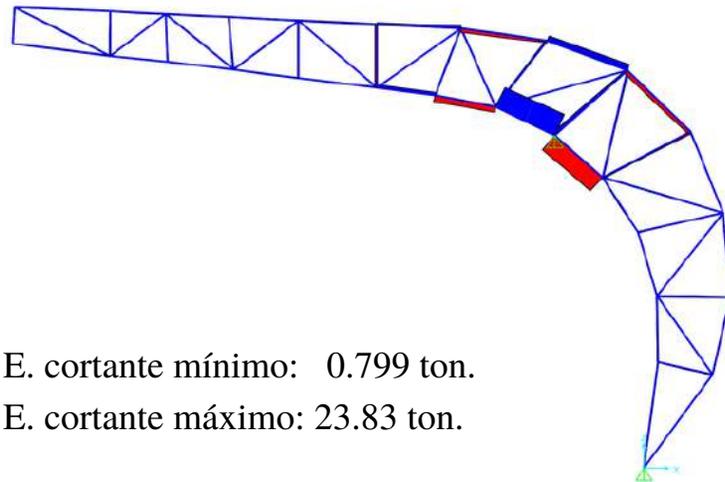
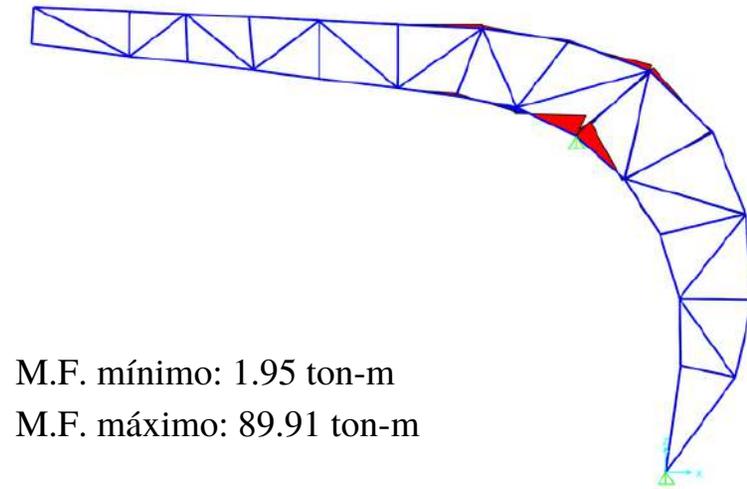
Combinación de carga para análisis por viento:

Combinación de carga 1: $(1.40 \times 81.0) + (100 \times 1.60) = 273.40 \text{ kg/m}^2$

Combinación de carga 2: $(1.20 \times 81.0) + (70 \times 0.50) + (1.0 \times 80.70) = 213.20 \text{ kg/m}^2$

Carga por nodo con combinación 1: $70.20 \text{ m}^2 \times 273.40 \text{ kg/m}^2 = 19,192.68 \text{ kg}$

Perfil propuesto: HSS de 18" x 18" x 15.9 mm de espesor

Análisis bidimensional en SAP2000.**Diagrama de elástica deformada****Diagrama de fuerza axial****Diagrama de esfuerzos cortantes****Diagrama de momentos flexionantes**

5.9.10.- Análisis estructural de validación de armadura tipo: Análisis bidimensional en SAP2000.

El diseño de la estructura metálica se realizó bajo la especificación AISC-360-16 después del análisis de validación considerando todos los aspectos que marca las normas. Como se puede visualizar en los diagramas anteriores, los esfuerzos mayores se encuentran concentrados en el apoyo articulado con conexión a la columna de gradas, con una clara diferencia respecto al otro apoyo y al límite de la armadura, por esta razón no se puede diseñar con uno o dos perfiles tipo para las diagonales, montantes y cuerdas de la armadura, para ello se realizaron varias propuestas, considerando que la propuesta planteada es la que mejor responde a las necesidades del proyecto, estandarizando lo más posible sin hacer una estructura pesada. Los diagramas muestran los tipos de perfiles y donde están ubicados, así como su análisis de utilización para comprobar que resisten sin ningún problema.

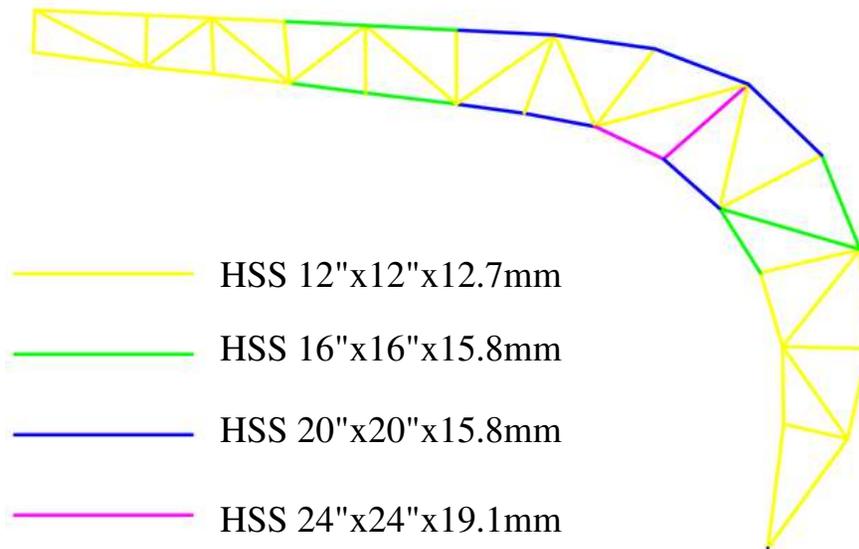
Diagrama de ubicación de perfiles

Imagen 178.(2021) Diagrama diseño de perfiles. Fuente: Elaboración propia.

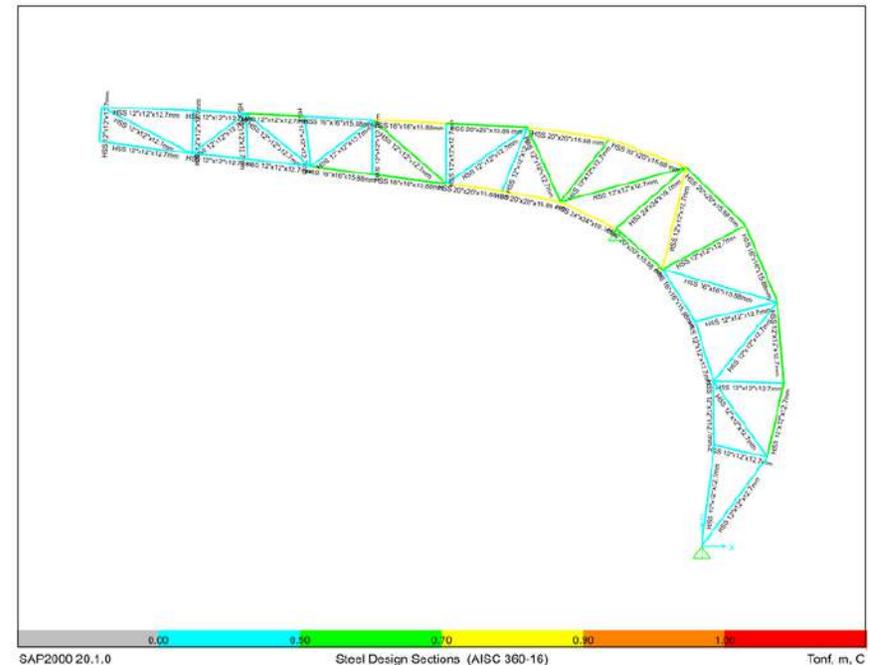
Diagrama de utilización (Esfuerzos / Resistencia)

Imagen 179.(2021) Diagrama utilización en SAP2000.. Fuente: Elaboración propia.

5.9.11.- Análisis estructural de validación de marco tipo: Análisis bidimensional en SAP2000.**Diagrama de elástica deformada:**

D. permisible: $4500/240 = 18.75$ cm

Desplazamiento actuante = 8.42 cm

Reacción 1: 78.67 Ton.

Reacción 2: 239.56 Ton.

Reacción 3: 554.26 Ton.

Reacción 4: 630.78 Ton.

Reacción 5: 73.46 Ton.

La reacción 1 y 2 no serán tomadas en cuenta para la cimentación, ya que esa trabe y todo el sistema de gradas se encuentra apoyado directamente en el suelo.

Diagrama de fuerza axial:

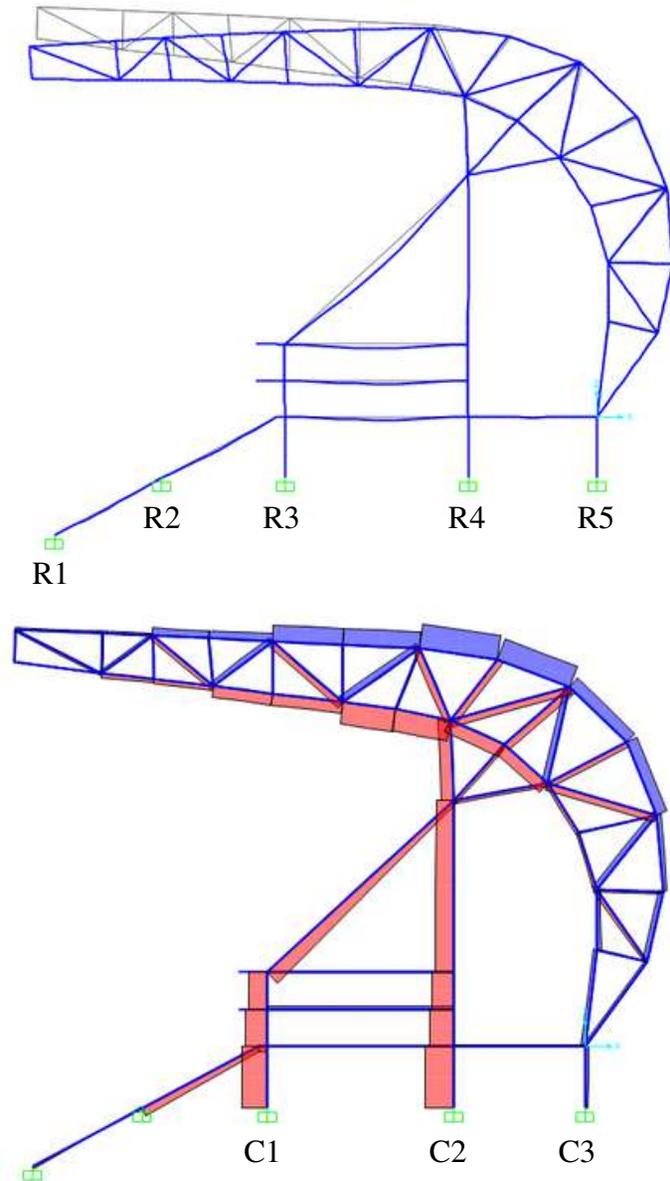
Fuerza axial en columna 1: 554.26 Ton

Fuerza axial en columna 2: 630.78 Ton

Fuerza axial en columna 3: 139.67 Ton

Fuerza axial en trabe inclinada (Gradas): 323.0 Ton

Fuerza axial en traves rectas (Circulación): 63.50 Ton



5.9.11.- Análisis estructural de validación de marco tipo: Análisis bidimensional en SAP2000.**Diagrama de momento flexionante:**

Momento flexionante en columna 1: -95.76 Ton-m

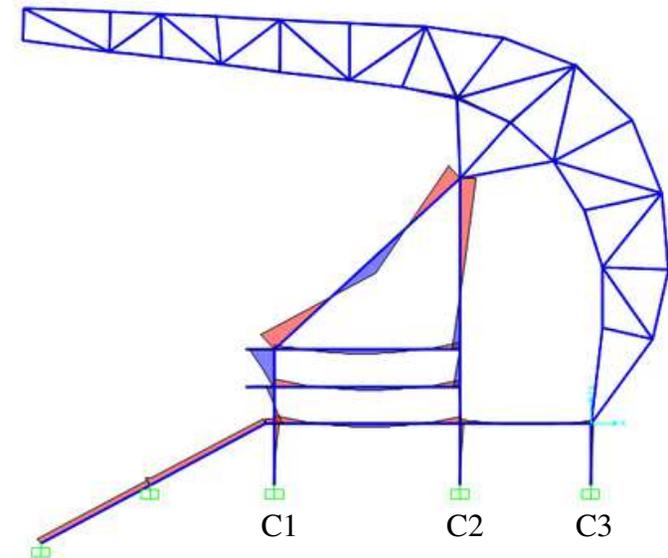
Momento flexionante en columna 2: -83.85 Ton-m

Momento flexionante en columna 3: -65.98 Ton-m

Momento flexionante en columna esbelta: -348.17 Ton-m

Momento flexionante en trabe inclinada (Gradas): -452.38 Ton-m

Momento flexionante en traves rectas (Circulación): -168.86 Ton-m

**Diagrama de fuerza cortante:**

Fuerza cortante en columna 1: -22.00 Ton

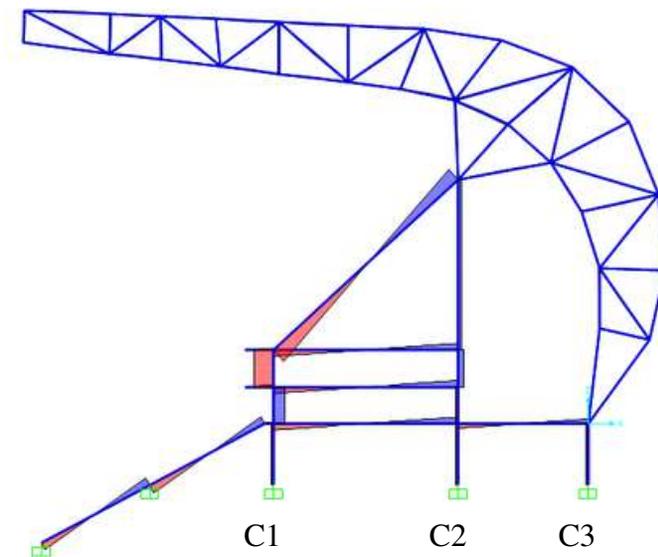
Fuerza cortante en columna 2: -18.22 Ton

Fuerza cortante en columna 3: -14.87 Ton

Fuerza cortante en columna esbelta: 34.35 Ton

Fuerza cortante en trabe inclinada (Gradas): -128.18 Ton

Fuerza cortante en traves rectas (Circulación): -59.00 Ton



5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Cálculo de cimentación**

Como se ha mencionado anteriormente, la solución estructural de la cimentación para este proyecto esta compuesta por una losa de cimentación con pilotes.

1.- Cálculo de pilas.

Para las columnas con mayor carga (columna tipo C1 y columna tipo C2) se propondrá dos pilas de fricción por columna y en las columnas de menor carga (columna tipo C3) se propondrá un pila de fricción.

Datos de diseño:

- Resistencia del Terreno $R = 8.0 \text{ Ton/m}^2$
- Carga $W = 315.5 \text{ Ton}$ (Se divide la carga entre dos pilotes).
- Diámetro de pila: 90.0 cm

Área de contacto

$$2\pi \times \text{Radio} = 2 \times 3.1416 \times 0.45 \text{ m} = 2.827 \text{ m}$$

Resistencia por metro lineal

$$2.827 \text{ m} \times 8.0 \text{ ton/m}^2 = 22.62 \text{ Ton/m}$$

Longitud de pilas

$$315.5 \text{ Ton} / 22.62 \text{ Ton/m} = 13.94 \text{ metros} = 14.0 \text{ metros.}$$

Para las columnas tipo C1 y C2 se propone 2 pilas de 14.0 metros de profundidad integradas en un dado, mientras que para las columnas C2 se propone 1 pila de 14.0 metros de profundidad para estandarizar el proceso constructivo.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**2.- Diseño de pilas.**

Una vez comprobado la resistencia del terreno respecto a las cargas y la dimensión de las pilas, es necesario diseñar ahora internamente la pila para comprobar su resistencia frente a las cargas.

Datos de diseño Pila tipo:

- Carga $W = 315.5$ Ton (Se divide la carga entre dos pilotes).
- Momento en X = 41.99 Ton/m
- Momento en Y = 13.86 Ton/m
- Diámetro de pila: 90.0 cm
- $F'c = 350.0$ kg/cm²
- $Fy = 4200.0$ kg/cm²

Recubrimiento necesario.

- Recubrimiento mínimo = 3.0 cm
- Espesor de varilla = 2.54 cm
- Espesor de estribo = 1.27 cm
- Recubrimiento estimado = 6.80 cm

Composición de momentos.

$\sqrt{(\text{Momento X} * \text{Momento X}) + (\text{Momento Y} * \text{Momento Y})}$

$\sqrt{(41.99 * 41.99) + (13.86 * 13.86)} = \sqrt{1763.16 + 192.09}$

$\sqrt{1955.2596} = \mathbf{44.218}$ Ton/m

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Excentricidad.**

Como los momentos y las cargas fueron obtenidas de un análisis completo, no será necesario agregarle más factores de seguridad.

Excentricidad = Composición de momentos / Carga W

Excentricidad = 44.218 Ton/m / 315.5 Ton

Excentricidad = 0.14

Dimensionamiento de sección y refuerzo principal.

Diámetro propuesto = 90.0 cm

Recubrimiento = 6.80 cm

$d = D - 2r$ $90.0 - (2 \times 6.80)$

$d/D = 76.38 / 90.0 = 0.85$

$d = 76.38$ cm

$e/D = 0.14 / 0.90 = 0.16$

$K = P_u / F_r D^2 f'_c$

$K = 315,500 \text{ kg/cm}^2 / (0.80 \times 90.0 \text{ cm} \times 90.0 \text{ cm} \times 350.0 \text{ kg/cm}^2)$

$K = 0.14$

$q = 0.20$ * (Obtenido de la figura 21 del apéndice C)

$p = q (F'_c / f_y)$

$p = 0.20 * (238.0 \text{ kg/cm}^2 / 4200.0 \text{ kg/cm}^2)$

$p = 0.011$

Área de acero = $(0.011 \times 3.1416 \times 8100) / 4 = 72.10 \text{ cm}^2$

Número de varillas = $72.10 \text{ cm}^2 / 5.07 \text{ cm}^2 = 13.22 \approx 13$ varillas de pulgada.

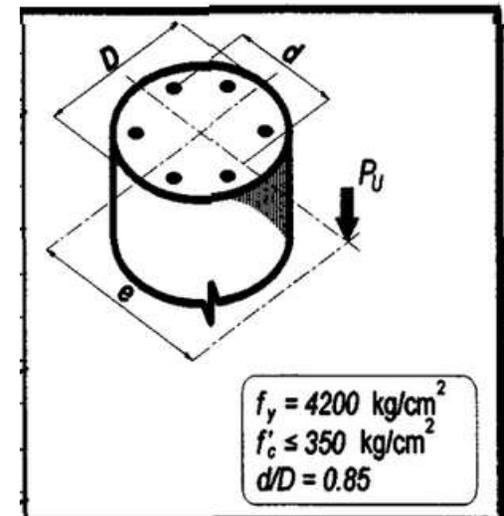


Imagen 181.(2021) Figura 21 - Apéndice C, Aspectos fundamentales del concreto reforzado.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Determinación de los estribos zunchados.**

$$A_g / A_c = (90.0 * 90.0) / (84.0 * 84.0) = 1.15$$

$$P_s = 0.45 * (1.15 - 1.0) * 0.08 = 0.0055$$

Separación de estribos utilizando varilla de 1/2" (1.27cm²)

$$S = (4 * \text{Diametro de varilla}) / (P_s * \text{Diametro de la pila} - \text{recubrimiento estimado}).$$

$$S = (4 * 1.27) / (0.0055 * 90.0 - 6.80) = 11.01 \approx 11.0 \text{ cm}$$

Estribos zunchados de 1/2" a cada 11.0 cm.

3.- Cálculo y diseño de dados de cimentación.

Se propone un dado del doble del ancho de la pila, con una separación entre pilas de 1.50 veces el diámetro de la misma, debido a que se requieren 2 pilas de 90.0 cm de diámetro por punto de apoyo el dado se propone de 1.80 metros de ancho y 4.50 metros de largo.

Cálculo de momento flexionante.

$$R_n = \text{Resistencia del terreno} = 8.0 \text{ Ton/m}^2$$

$$a = \text{Lado mayor} = 4.50 \text{ metros}$$

$$x_2 = \text{Brazo de palanca}$$

$$x_2 = 4.50 \text{ mts} - 0.60 / 2 = 3.90 \text{ mts} / 2 = 1.95 \text{ mts}$$

$$M_u = (R_n * a + x_2) / 2$$

$$M_u = (8,000.0 + 4.50 + 1.95) / 2$$

$$M_u = 68,445 \text{ kg} / \text{m} = 6,844,500 \text{ kg} / \text{cm}$$

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Cálculo de peralte efectivo.**

$$A_s = \text{Porcentaje de acero} = 1.0 \%$$

$$f_y = 4,200.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 250.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$y = A_s * f_y / (f'_c) = (0.01 * 4200.0 \text{ kg/cm}^2) / 250.0 \text{ kg/cm}^2 = 0.168$$

$$\text{Peralte} = \sqrt{M_r / F_r * b * f'_c * y (1 - 0.59y)}$$

$$\text{Peralte} = \sqrt{6,844,500 \text{ kg/cm} / 0.9 * 450.0 \text{ cm} * 250.0 \text{ kg/cm}^2 * 0.168 * (1 - (0.59 * 0.168))}$$

$$\text{Peralte} = \sqrt{6,844,500 \text{ kg/cm} / 0.9 * 450.0 \text{ cm} * 250.0 \text{ kg/cm}^2 * 0.168 * 0.9}$$

$$\text{Peralte} = \sqrt{6,844,500 \text{ kg/cm} / 15,309 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\text{Peralte} = \sqrt{446.65} \approx 21.13 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte propuesto} = 45.0 \text{ cm}$$

Cálculo de peralte por cortante.

$$\text{Área del dado} = 1.80 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 8.10 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de transmisión de carga} = (0.90 + 0.45) * (0.90 + 0.45) = 1.35 * 1.35 = 1.8225 \text{ m}^2$$

$$\text{Cálculo de cortante} = V_u = R_n (a^2 - (c_x + d)^2)$$

$$V_u = 8,000 * 8.10 - 1.8225 \text{ m} = 50,220.0$$

$$V_u = 50,220.0 / (4 * 135 * 45) = 2.067 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo admisible al cortante

$$V_{adm} = 0.7 \sqrt{.8 * f'_c} = 0.7 \sqrt{.8 * 250} = 0.7 \sqrt{(200)} = 0.7 * 14.142 = 9.90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Relación de cortantes} = 2.067 \text{ kg/cm}^2 < 9.90 \text{ kg/cm}^2$$

El cortante admisible es mayor al cortante actuante, por lo que el peralte pasa por cortante.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Cálculo de peralte por penetración.**

$$bd = (P+pp) / vuadm$$

Donde

P = Carga total

Pp = Peso propio de la cimentación

vuadm = Cortante admisible.

$$bd = (632,000 + 63,200) / 9.90 \text{ kg/cm}^2 = 70,225.80 \text{ cm}^2$$

$$bd = 4d^2 + 120d$$

Despejando

$$0 = -bd + 4d^2 + 120d$$

Simplificando

$$0 = -bd/4 + d^2 + 30d$$

$$0 = -70,225.80/4 + d^2 + 30d$$

$$0 = -17,556.45 + d^2 + 30d$$

$$\text{Peralte} = -30 + \sqrt{((30*30)-4*(-17,556.45))} / 2 = (-30 + 266.69) / 2 = 118.35 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte por penetración} = 118.35 \text{ cm} \approx 120.0 \text{ cm}$$

Cálculo del acero

$$\text{Base} = 180.0 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte} = 120.0 \text{ cm}$$

$$P_s = 1.0 \%$$

$$A_s = 216.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Número de varillas} = 216.0 \text{ cm}^2 / 5.07 \text{ cm}^2 = 42.60 \approx 42 \text{ varillas} / 2 = 21 \text{ varillas en cada sentido.}$$

$$\text{Separación de varillas} = 180 \text{ cm} / 21 = 8.57 \text{ varillas}$$

Dado de cimentación de 180 cm x 450 cm x 120 cm de peralte, con concreto $f'c = 250.0 \text{ kg/cm}^2$, con 21 varillas de 1" a cada 8.50 cm de separación.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**4.- Cálculo y diseño de losa de cimentación.**

Tablero de borde

Lado 1 = 1300.0 cm

Lado 2 = 1000.0 cm

Área = 130.0 m²

Perímetro = 4600.0 cm

$F_s = 0.6 * 4200.0 \text{ kg/cm}^2 = 2520.0 \text{ kg/cm}^2$

$W_t = 5280.0 \text{ kg/m}^2$

Factor de corrección de perímetro.

$P = 0.032 * 4\sqrt{(f_s * w_t)} = 0.032 * 4\sqrt{(2520 * 5280)} = 0.032 * 60.40 = 1.933$

$P = 4600 * 1.933 = 8890.30 \text{ cm}$

Peralte mínimo = $8890.30 / 250 = 35.56 \text{ cm}$

Peralte propuesto = 40.0 cm + 1.0 cm de recubrimiento

Peso propio de cimentación = $0.41 * 2400 \text{ kg} = 984 \text{ kg}$

$W_u = 5280 + 984 = 6264.0 \text{ kg} * 1.40$ (Factor de seguridad de las normas técnicas complementarias) = 8769.60 kg/m^2

Cálculo de momentos de franjas centrales

$a_1 = 1000 - 30 = 970$

$a_2 = 1300 - 30 = 1270$

$a_1/a_2 = 970 / 1270 = 0.76$

Factor = $10^{(-4)} W_u * a_1^2$

Factor = $0.0001 * 8769.60 \text{ kg/m}^2 * 9.70\text{m} * 9.70\text{m} = \mathbf{82.51 \text{ kg/m}}$

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Momento de diseño**

Momento negativo en lado corto = $1070 \times 82.51 \text{ kg/m} = 88,289.09 \text{ kg/m}$

Momento negativo en lado largo = $970 \times 82.51 \text{ kg/m} = 80,037.77 \text{ kg/m}$

Momento positivo en lado corto = $912 \times 82.51 \text{ kg/m} = 75,252.01 \text{ kg/m}$

Momento positivo en lado largo = $250 \times 82.51 \text{ kg/m} = 20,628.29 \text{ kg/m}$

Determinación del refuerzo

$F_{rbd} 2 f'c = 0.90 * 100 \text{ cm} * 40 \text{ cm} * 40 \text{ cm} * 212.50 = 306,000.00$

$Q = M_i / F_r * b * d^2 * f'c = 88,289.09 \text{ kg/m} / 306,000.00 = 0.2885$

$W = 0.35$ (de acuerdo al apéndice A del libro aspectos fundamentales del concreto reforzado).

$p = w * f'c / f_y = (0.35 * 212.50 \text{ kg/cm}^2) / 4200 \text{ kg/cm}^2 = 0.001771$

P elegido = 0.002

Área de acero = $100.0 * 40.0 * 0.002 = 8.0 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Se usará varilla de 1/2" con un área de acero de 1.27 cm^2

Número de varillas = $8.00 \text{ cm}^2/\text{m} / 1.27 \text{ cm}^2 = 6.299$ varillas

Separación de varillas = $100 \text{ cm} / 6.299$ varillas = 15.87 cm

Losa de cimentación de 40.0 cm de espesor con concreto $f'c = 250.0 \text{ kg/cm}^2$ con varillas de 1/2" a cada 15.0 cm en ambos sentidos y ambos lechos.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.

5.- Cálculo y diseño de columnas tipo.

Datos de diseño

- Carga = 630.0 Toneladas
- $M_u = 83.85$ Ton-m
- $F'_c = 250.0$ kg/cm²
- $F_y = 4200.0$ kg/cm²
- $F''_c = 0.85 * F'_c = 212.5$ kg/cm²

Cuantía de acero propuesta = 1.0 %

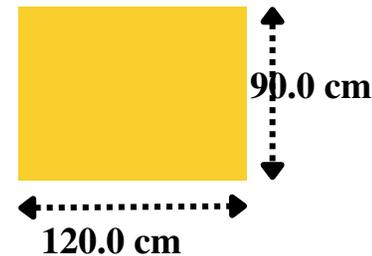
Recubrimiento al centro del refuerzo = 4.0 cm

Altura de la columna = 5.20 metros.

Sección propuesta

Ancho = 90.0 cm

Largo = 120.0 cm



Excentricidad

$$e = M_u / P_u = 83.85 \text{ Ton-m} / 630.0 \text{ Ton} = 0.1331 \text{ metros}$$

$$d/h = (120.0 - 4.0 \text{ cm}) / 120.0 \text{ cm} = 0.97 \text{ -----} \rightarrow \text{Se utilizará figura 7}$$

$$q = p * (F''_c / F_y) = 0.01 * (297.5 \text{ kg/cm}^2 / 4200.0 \text{ kg/cm}^2) = 0.1412$$

$$e/h = 13.31 \text{ cm} / 90.0 \text{ cm} = 0.1479$$

Con los siguientes valores

$$q = 0.1412$$

$$e/h = 0.1479$$

Usando la figura 7 del apéndice C del libro de aspectos fundamentales del concreto reforzado

$$K = 0.41$$

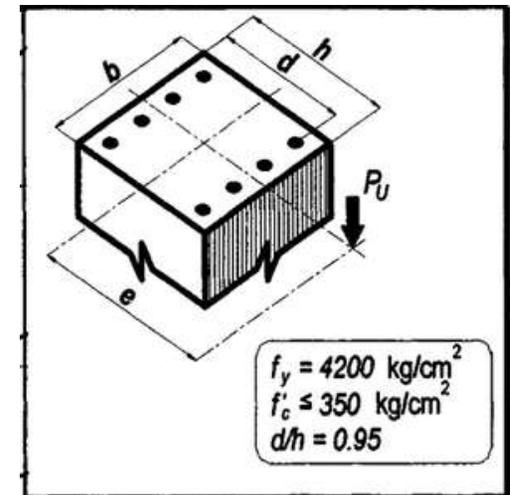


Imagen 182.(2021) Figura 7 - Apéndice C, Aspectos fundamentales del concreto reforzado.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Carga última resistente**

$$P_{ur} = K * F_r * b * h * f'_c$$

Donde

- $K = \text{Factor} = 0.41$
- $F_r = \text{Factor de resistencia} = 0.65$
- $b = \text{base o ancho} = 90.0 \text{ cm}$
- $h = \text{altura o largo} = 120.0 \text{ cm}$
- $f'_c = \text{resistencia de diseño del concreto} = 250.0 \text{ kg / cm}^2$

$$P_{ur} = 0.41 * 0.65 * 90.0 \text{ cm} * 120.0 \text{ cm} * 250.0 \text{ kg/cm}^2 = 719,550.00 \text{ kg} > 630,000.00 \text{ kg}$$

La columna resiste las cargas.

Armado de columna

$$A_s = 0.01 * 90.0 * 120.0 = 108.0 \text{ cm}^2$$

$$22 \text{ varillas} * 5.07 \text{ cm}^2 (\text{área de acero de varilla de } 1") = 111.54 \text{ cm}^2 > 108.0 \text{ cm}^2$$

Se cumple con el área de acero requerida.

Separación de estribos

$$\text{Separación máxima de estribos} = h / 2 = 120.0 \text{ cm} / 2 = 60.0 \text{ cm}$$

Separación = $850 / \sqrt{f_y}$ veces el diámetro de la barra o de la barra mas delgada del paquete

$$S = (850 / \sqrt{f_y}) * d_b = (850 / 64.807) * 2.54 = 33.31 \text{ cm}$$

Por lo tanto la columna será de 90.0 cm x 120.0 cm con 22 varillas de 1", la separación de estribos será de 33.0 cm y de 16.50 cm en los sextos extremos con varilla de 1/2"

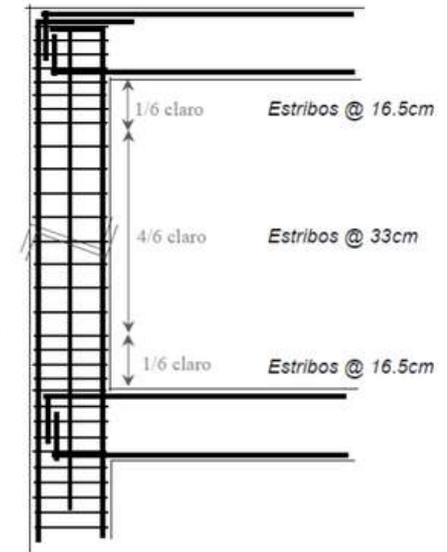


Imagen 183.(2021) Separación de estribos. Fuente: Elaboración propia.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**6.- Cálculo y diseño de trabe tipo 1.****Datos**

- W (Peso) = 94.50 Toneladas
- $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$
- $f''c = 297.50 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$
- Claro = 15.0 metros

Momento actuante

168.86 ton-m (Obtenido del diagrama de SAP2000)

Acero mínimo

$$As_{min} = (0.7 \times \sqrt{f'c}) \times b \times d / Fy = (0.7 \times \sqrt{350}) \times 40\text{cm} \times 80\text{cm} / 4200\text{kg/cm}^2 = \mathbf{9.978 \text{ cm}^2}$$

Acero máximo

$$As_{max} = (f''c / Fy) \times (6000 \times \beta_1 / fy + 6000) \times b \times d = (297.5 \text{ kg/cm}^2 / 4200 \text{ kg/cm}^2) \times (5100 / 4200 + 6000) \times 40 \times 80$$

$$As_{max} = (0.0708) \times (0.5) \times 3200 = \mathbf{113.33 \text{ cm}^2}$$

Acero propuesto = 68.00 cm²

Momento resistente

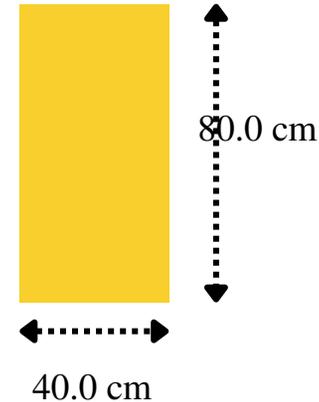
$$p = 68.0 \text{ cm}^2 / 3200.0 \text{ cm}^2 = 0.02125$$

$$q = 0.02125 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 / 297.50 \text{ kg/cm}^2 = 0.30$$

$$Mn = Fr \times As \times fy \times d \times (1 - 0.5 q)$$

$$Mn = 0.9 \times 68.0 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 \times 80.0 \text{ cm} \times (1 - 0.5 \times 0.3)$$

$$Mn = 17,478,720.00 \text{ kg-cm} = 174.79 \text{ Ton-m} > 168.86 \text{ Ton-m}$$

Sección propuesta

La sección y el acero resisten al momento actuante.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Armado propuesto - número de varillas**

$$6 \text{ varillas de } 1 \frac{1}{2}'' = 6 * 11.4 \text{ cm}^2 = 68.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero total} = 68.40 \text{ cm}^2 > 68.0 \text{ cm}^2$$

Se cumple con la cantidad de acero requerido.

Refuerzo transversal para esfuerzo cortante

$$\text{Cortante actuante} = 59.00 \text{ Ton} = 59.000.0 \text{ kg (Obtenido de SAP2000)}$$

$$\text{Cortante resistente} = V_r = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f * c}$$

$$V_r = 0.5 * 0.8 * 40 * 80 * \sqrt{350.0 \text{ kg/cm}^2} = 22,449.94 \text{ kg} < 59,000.0 \text{ kg}$$

Se requieren estribos por cálculo.

Separación de estribos

$$\text{No. de ramas} = 2.0$$

$$A_v = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ (Área de varilla de } 1/2\text{)}$$

$$S = FR A_v f_{yd} / (V_u - V_{CR}) = 0.75 * (2.54 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 80.0 \text{ cm}) / (59,000.0 \text{ kg} - 22,449.94 \text{ kg}) = 17.51 \text{ cm}$$

$$\text{Separación por norma} = \text{Peralte} / 2 = 80.0 \text{ cm} / 2 = 40.0 \text{ cm}$$

Por lo tanto la separación será de 18.0 cm en los quintos extremos a cada 9.0 cm.

Revisión de flecha

$$\text{Deflexión máxima permitida} = L/240 = 1500 / 240 = 6.25 \text{ cm}$$

$$\text{Deflexión actuante} = WL^3 / 384 E I = (94,500.0 \text{ kg} * 1500 * 1500 * 1500) / 384 * 261,916.02 \text{ kg/cm}^2 * 1,706,666.67 \text{ cm}^4$$

$$\text{Deflexión actuante} = 1.85 \text{ cm} < 6.25 \text{ cm}$$

La trabe pasa por deflexión.

Trabe de 40.0 cm x 80.0 cm de $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$, armada con 6 varillas de 1 1/2" y estribos de 1/2" a cada 18.0 cm en los quintos extremos a cada 9.0 cm.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**6.- Cálculo y diseño de trabe tipo 2.****Datos**

- W (Peso) = 323.0 Toneladas
- $f'c = 450.0 \text{ kg/cm}^2$
- $f''c = 382.50 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$
- Claro = 15.0 metros

Momento actuante

452.38 ton-m (Obtenido del diagrama de SAP2000)

Acero mínimo

$$As_{min} = (0.7 \times \sqrt{f'c}) \times b \times d / Fy = (0.7 \times \sqrt{450}) \times 60\text{cm} \times 120\text{cm} / 4200\text{kg/cm}^2 = \mathbf{25.456 \text{ cm}^2}$$

Acero máximo

$$As_{max} = (f''c / Fy) \times (6000 \times \beta_1 / fy + 6000) \times bd = (382.5 \text{ kg/cm}^2 / 4200 \text{ kg/cm}^2) \times (5100 / 4200 + 6000) \times 60 \times 120$$

$$As_{max} = (0.091) \times (0.5) \times 7200 = \mathbf{327.857 \text{ cm}^2}$$

Acero propuesto = 113.00 cm²

Momento resistente

$$p = 113.0 \text{ cm}^2 / 7200.0 \text{ cm}^2 = 0.01569$$

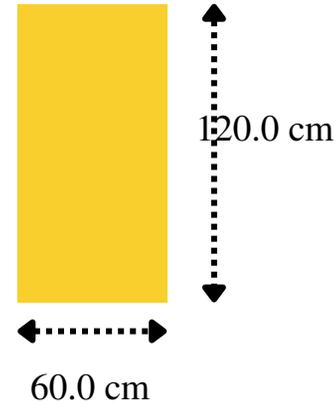
$$q = 0.01569 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 / 382.50 \text{ kg/cm}^2 = 0.17233$$

$$Mn = Fr \times As \times fy \times d \times (1 - 0.5 q)$$

$$Mn = 0.9 \times 113.0 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 \times 120.0 \text{ cm} \times (1 - 0.5 \times 0.17233)$$

$$Mn = 46,840,228.24 \text{ kg-cm} = 468.40 \text{ Ton-m} > 452.38 \text{ Ton-m}$$

La sección y el acero resisten al momento actuante.

Sección propuesta

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Armado propuesto - número de varillas**

$$10 \text{ varillas de } 1 \frac{1}{2}'' = 10 * 11.4 \text{ cm}^2 = 114.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero total} = 114.0 \text{ cm}^2 > 113.0 \text{ cm}^2$$

Se cumple con la cantidad de acero requerido.

Refuerzo transversal para esfuerzo cortante

$$\text{Cortante actuante} = 128.18 \text{ Ton} = 128.180.0 \text{ kg (Obtenido de SAP2000)}$$

$$\text{Cortante resistente} = V_r = 0.5 * FR * b * d * \sqrt{f * c}$$

$$V_r = 0.5 * 0.75 * 60 * 120 * \sqrt{450.0 \text{ kg/cm}^2} = 57,275.65 \text{ kg} < 128,180.00 \text{ kg}$$

Se requieren estribos por cálculo.

Separación de estribos

$$\text{No. de ramas} = 2.0$$

$$A_v = 1.99 \text{ cm}^2 \text{ (Área de varilla de } 5/8)$$

$$S = FR A_v f_{yd} / (V_u - V_{CR}) = 0.75 * (3.98 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 120.0 \text{ cm}) / (128,180.0 \text{ kg} - 57,275.65 \text{ kg}) = 21.22 \text{ cm}$$

$$\text{Separación por norma} = \text{Peralte} / 2 = 120.0 \text{ cm} / 2 = 60.0 \text{ cm}$$

Por lo tanto la separación será de 21.0 cm en los quintos extremos a cada 11.0 cm.

Revisión de flecha

$$\text{Deflexión máxima permitida} = L/240 = 1500 / 240 = 6.25 \text{ cm}$$

$$\text{Deflexión actuante} = WL^3 / 384 E I = (323,000.0 \text{ kg} * 1500 * 1500 * 1500) / 384 * 296,984.85 \text{ kg/cm}^2 * 8,640,000.00 \text{ cm}^4$$

$$\text{Deflexión actuante} = 1.10 \text{ cm} < 6.25 \text{ cm}$$

La trabe pasa por deflexión.

Trabe de 60.0 cm x 120.0 cm de $f'c = 450.0 \text{ kg/cm}^2$, armada con 10 varillas de 1 1/2" y estribos de 5/8" a cada 21.0 cm en los quintos extremos a cada 11.0 cm.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**6.- Cálculo y diseño de trabe tipo 3 graderío.****Datos**

- W (Peso) = 11.04 Toneladas
- $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$
- $f''c = 297.50 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200.0 \text{ kg/cm}^2$
- Claro = 10.80 metros

Momento actuante

$$M = (11.04 * 10.80) / 12 = \mathbf{9.94 \text{ Ton-m}}$$

Acero mínimo

$$As_{min} = (0.7 \times \sqrt{f'c}) \times b \times d / Fy = (0.7 \times \sqrt{350}) \times 20\text{cm} \times 70\text{cm} / 4200\text{kg/cm}^2 = \mathbf{4.365 \text{ cm}^2}$$

Acero máximo

$$As_{max} = (f''c / Fy) * (6000 \times \beta_1 / fy + 6000) * b * d = (297.5 \text{ kg/cm}^2 / 4200 \text{ kg/cm}^2) * (5100 / 4200 + 6000) * 20 * 70$$

$$As_{max} = (0.0708) * (0.5) * 1400 = \mathbf{49.583 \text{ cm}^2}$$

Acero propuesto = 8.20 cm²**Momento resistente**

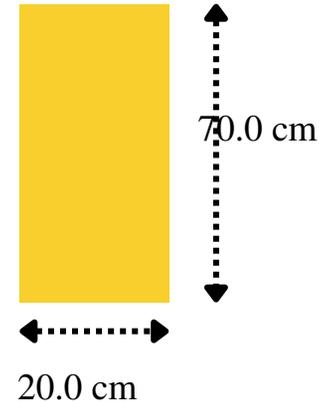
$$p = 8.20 \text{ cm}^2 / 1400.0 \text{ cm}^2 = 0.00586$$

$$q = 0.00586 * 4200 \text{ kg/cm}^2 / 297.50 \text{ kg/cm}^2 = 0.08269$$

$$M_n = F_r \times A_s \times f_y \times d \times (1 - 0.5 q)$$

$$M_n = 0.9 \times 8.20 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 \times 70.0 \text{ cm} \times (1 - 0.5 * 0.08269)$$

$$M_n = 2,080,013.93 \text{ kg-cm} = 20.80 \text{ Ton-m} > 9.94 \text{ Ton-m}$$

Sección propuesta

La sección y el acero resisten al momento actuante.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Armado propuesto - número de varillas**

$$4 \text{ varillas de } 3/4" = 4 * 2.87 \text{ cm}^2 = 11.48 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero total} = 11.48 \text{ cm}^2 > 8.20 \text{ cm}^2$$

Se cumple con la cantidad de acero requerido.

Refuerzo transversal para esfuerzo cortante

$$\text{Cortante actuante} = 6.90 \text{ Ton} = 6,900.0 \text{ kg}$$

$$\text{Cortante resistente} = V_r = 0.5 * F_R * b * d * \sqrt{f * c}$$

$$V_r = 0.5 * 0.75 * 20 * 70 * \sqrt{350.0 \text{ kg/cm}^2} = 9,821.85 \text{ kg} > 6,900.0 \text{ kg}$$

El cortante resistente es mayor al cortante actuante por lo que solo serán necesarios estribos por especificación, no por cálculo.

Separación de estribos

$$S = d / 2 = 70.0 \text{ cm} / 2 = 35.0 \text{ cm}$$

Por lo tanto la separación será de 30.0 cm en los quintos extremos a cada 15.0 cm con varilla de 3/8".

Revisión de flecha

$$\text{Deflexión máxima permitida} = L/240 = 1080 / 240 = 4.50 \text{ cm}$$

$$\text{Deflexión actuante} = WL^3 / 384 E I = (11,040.0 \text{ kg} * 1080 * 1080 * 1080) / 384 * 261,916.02 \text{ kg/cm}^2 * 571,666.67 \text{ cm}^4$$

$$\text{Deflexión actuante} = 0.24 \text{ cm} < 4.50 \text{ cm}$$

La trabe pasa por deflexión.

Trabe de 20.0 cm x 70.0 cm de $f'c = 350.0 \text{ kg/cm}^2$, armada con 4 varillas de 3/4" y estribos de 3/8" a cada 30.0 cm en los quintos extremos a cada 15.0 cm.

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**9.- Cálculo de nervadura tipo para losa reticular.**

Datos de diseño

- Área tributaria = 7.20 m²
- Carga unitaria = 1.20 ton/m²
- Claro = 12.0 metros.
- Peso = 8.64 Toneladas
- $F'c = 250.0 \text{ kg / cm}^2$
- $F^*c = 200.0 \text{ kg / cm}^2$
- $F''c = 170.0 \text{ kg / cm}^2$
- Peralte = 45.0 cm
- Base = 15.0 cm

Momento actuando

$$M = WL / 12$$

$$M = 8.64 \text{ Ton} * 12.0 \text{ metros} / 12.0$$

$$\mathbf{M = 8.64 \text{ Ton*m}}$$

Acero mínimo

$$As_{\min} = (0.7 \times \sqrt{f'c}) \times b \times d / F_y$$

$$As_{\min} = (0.7 \times \sqrt{250}) \times 15\text{cm} \times 45\text{cm} / 4200\text{kg/cm}^2$$

$$As_{\min} = 1.779 \text{ cm}^2$$

Acero máximo

$$As_{\max} = (f''c / F_y) * (6000 \times \beta_1 / f_y + 6000) * b * d$$

$$As_{\max} = (170.0 \text{ kg/cm}^2 / 4200 \text{ kg/cm}^2) * (5100 / 4200 + 6000) * 15 * 45$$

$$As_{\max} = (0.0404) * (0.5) * 675 = 13.635 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{Acero \text{ propuesto} = 7.70 \text{ cm}^2}$$

Momento resistente

$$p = 7.70 \text{ cm}^2 / 675 \text{ cm}^2 = 0.01141$$

$$q = 0.01141 * 4200 \text{ kg/cm}^2 / 170.0 \text{ kg/cm}^2 = 0.28183$$

5.9.12.- Diseño estructural del marco tipo.**Momento resistente**

$$M_n = F_r \times A_s \times f_y \times d \times (1 - 0.5 q)$$

$$M_n = 0.9 \times 7.70 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 \times 45.0 \text{ cm} \times (1 - 0.5 \times 0.28183)$$

$$M_n = 1,125,203.72 \text{ kg-cm} = \mathbf{11.25 \text{ Ton-m} > 8.64 \text{ Ton-m}}$$

La nervadura resiste sin problemas el momento actuante.

Armado propuesto - número de varillas

$$1 \text{ varilla de } 1" = 1 \times 5.07 \text{ cm}^2 = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ varilla de } 5/8" = 1 \times 2.87 \text{ cm}^2 = 2.87 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero total} = 7.94 \text{ cm}^2 > 7.70 \text{ cm}^2$$

Se cumple con la cantidad de acero requerido.

Refuerzo transversal para esfuerzo cortante

$$\text{Cortante actuante} = 8.64 \text{ Ton} / 2 = 4.32 \text{ Ton} = 4320.0 \text{ kg}$$

$$\text{Cortante resistente} = V_r = 0.5 \times F_R \times b \times d \times \sqrt{f \times c}$$

$$V_r = 0.5 \times 0.8 \times 15 \times 45 \times \sqrt{200} = 3,818.37 \text{ kg} < 4320.0 \text{ kg}$$

Se requieren estribos por cálculo.

Separación de estribos

$$\text{No. de ramas} = 1.0$$

$$A_v = 0.71 \text{ cm}^2 \text{ (Área de varilla de } 3/8)$$

$$S = F_R A_v f_{yd} / (V_u - V_{CR}) = 0.75 \times (0.71 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 \times 45.0 \text{ cm}) / (4320.0 \text{ kg} - 3818.37 \text{ kg}) = 107.78 \text{ cm}$$

Separación por norma = Peralte / 2 = 45.0 cm / 2 = 22.50 cm y en los quintos extremos a cada 10.0 cm.

Revisión de flecha

$$\text{Deflexión máxima permitida} = L/240 = 1200 / 240 = 5.0 \text{ cm}$$

$$\text{Deflexión actuante} = W L^3 / 384 E I = (8,640 \text{ kg} \times 1200 \times 1200 \times 1200) / 384 \times 221,359.44 \text{ kg/cm}^2 \times 113,906.25 \text{ cm}^4$$

$$\text{Deflexión actuante} = \mathbf{1.54 \text{ cm} < 5.00 \text{ cm}}$$

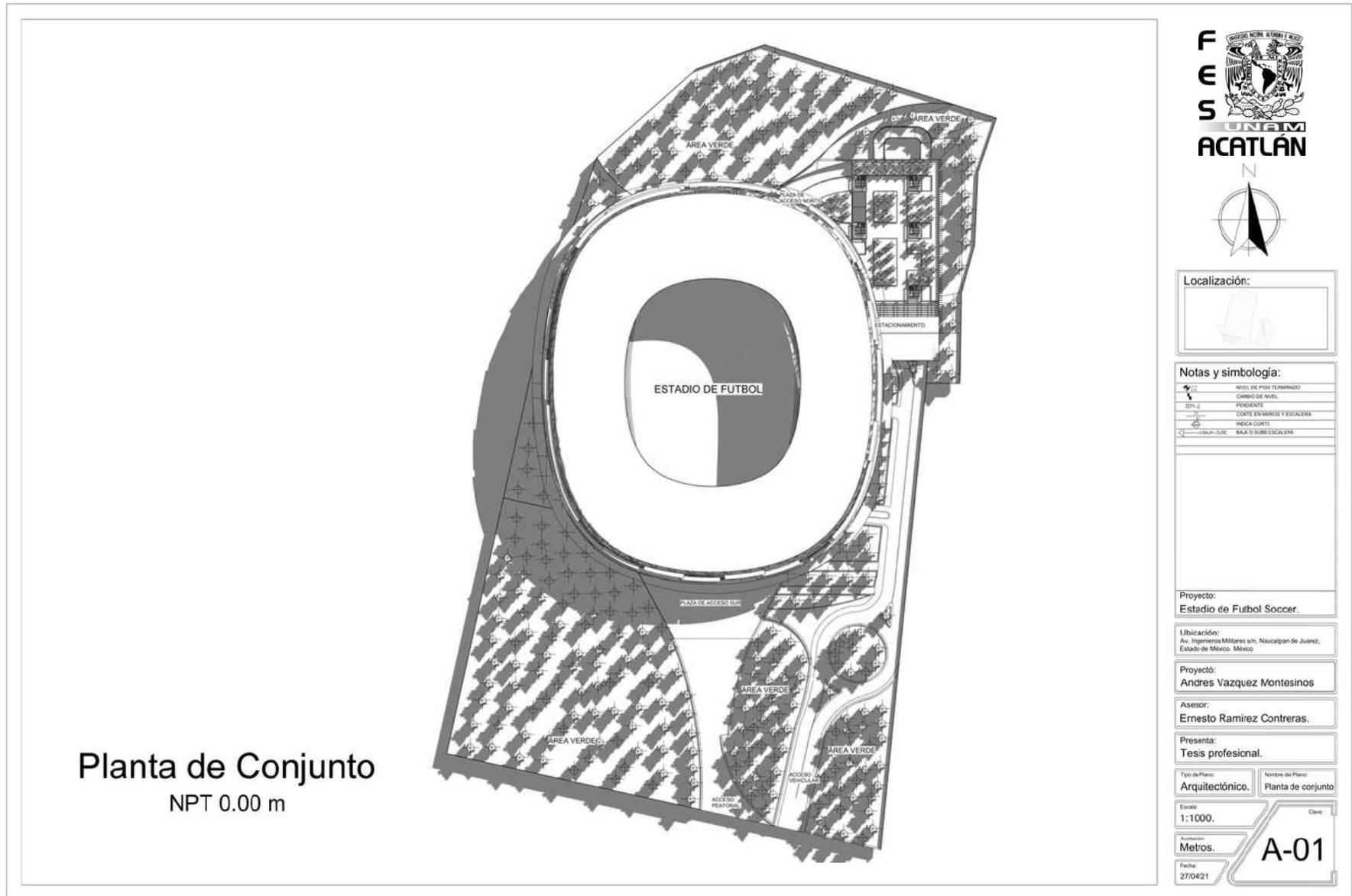
La nervadura pasa por deflexión.

Lo más rescatable de esta parte de la investigación es el flujo de trabajo, el cual quedo demostrado que puede funcionar de manera correcta de principio a fin, a pesar de llevar el proyecto de un programa a otro. Entendemos que los procesos de optimización no son procesos aislados, si no que son procesos que deben de integrarse en los flujos de trabajo desde la etapa conceptual de cualquier proyecto, simplificando resultados para siempre obtener el mejor resultado de acuerdo a las variables y condiciones específicas de cada proyecto, en este caso contrastamos el resultado de una armadura bajo un criterio tradicional obtuvimos una estructura de 31.106 toneladas respecto a las 26.74 toneladas de la armadura optimizada, dando un ahorro en material del 14.03%. El estadio esta compuesto de 60 ejes estructurales con armaduras, si en cada armadura estamos ahorrando la estructura con 4.37 toneladas de acero, en todo el estadio estamos ahorrando 261.96 toneladas. De acuerdo al Instituto de Ingenieros Estructurales de Londres, el promedio de carbono embebido en construcciones de acero en sistemas HSS (*Hollow Structural Sections*) es de 2.50 kgCO₂/kg, gracias a este trabajo de optimización estamos disminuyendo 654.90 toneladas de dióxido de carbono únicamente en la estructura principal de la cubierta, es aquí donde radica la importancia de los procesos de optimización para disminuir el impacto ambiental de las edificaciones de manera significativa.

6.- PLANOS DEL PROYECTO ARQUITECTONICO.



6.- Planos del proyecto arquitectónico.



Localización:



Notas y simbología:

	NIVEL DE PISO TERMINADO
	CAMBIO DE NIVEL
	PENDIENTE
	CORTE EN BANCOS Y ESCALERA
	INDICA CORTE
	BAJA-SUBE BAJA O SUBE ESCALERA

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez,
Estado de México, México

Proyecto:
Andres Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Nombre de Plano:
Arquitectónico. Planta de conjunto

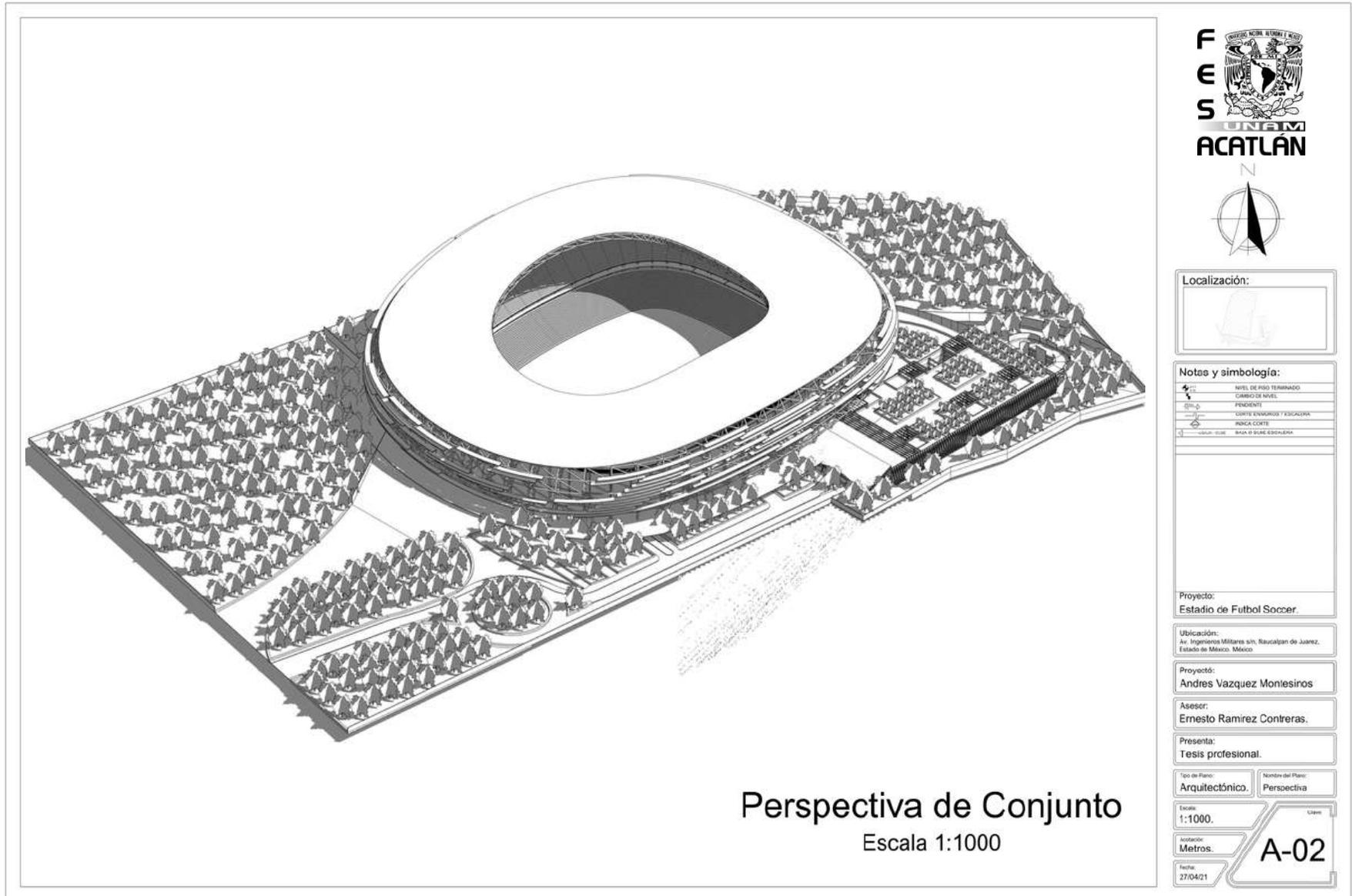
Escala:
1:1000.

Medidas:
Metros.

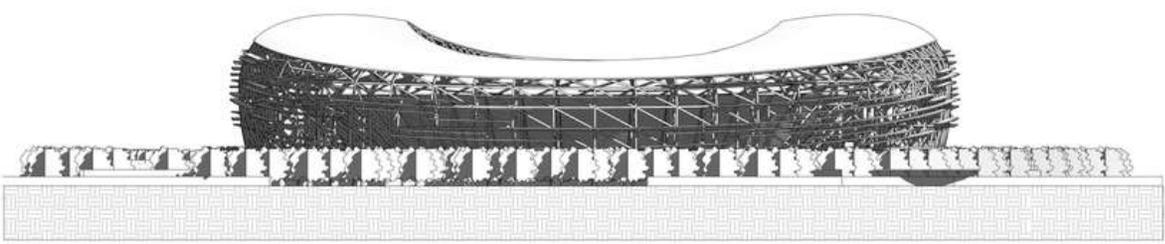
Fecha:
27/04/21

Clave:
A-01

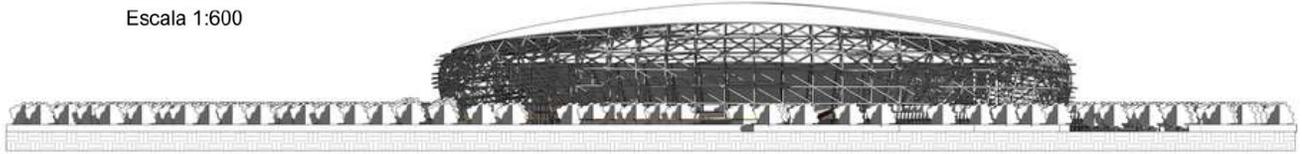
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



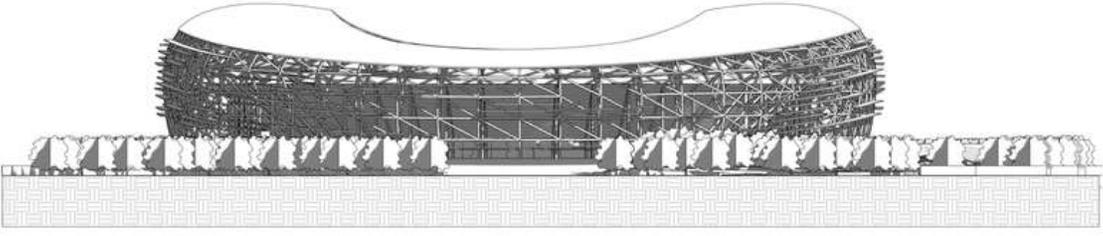
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



Fachada norte
Escala 1:600



Fachada este
Escala 1:800



Fachada Sur
Escala 1:600




Localización:



Notas y simbología:

	NIVEL DE PISO TERMINADO
	CAMBIO DE NIVEL
	PENDIENTE
	CORRE CALZADAS Y ESCALERA
	PARED CORTE
	BAJA O SUBE ESCALERA

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez, Estado de México, México

Proyecto:
Andrés Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Arquitectónico.	Nombre de Plano: Fachadas
--	-------------------------------------

Escala:
1:500.

Asociación:
Metros.

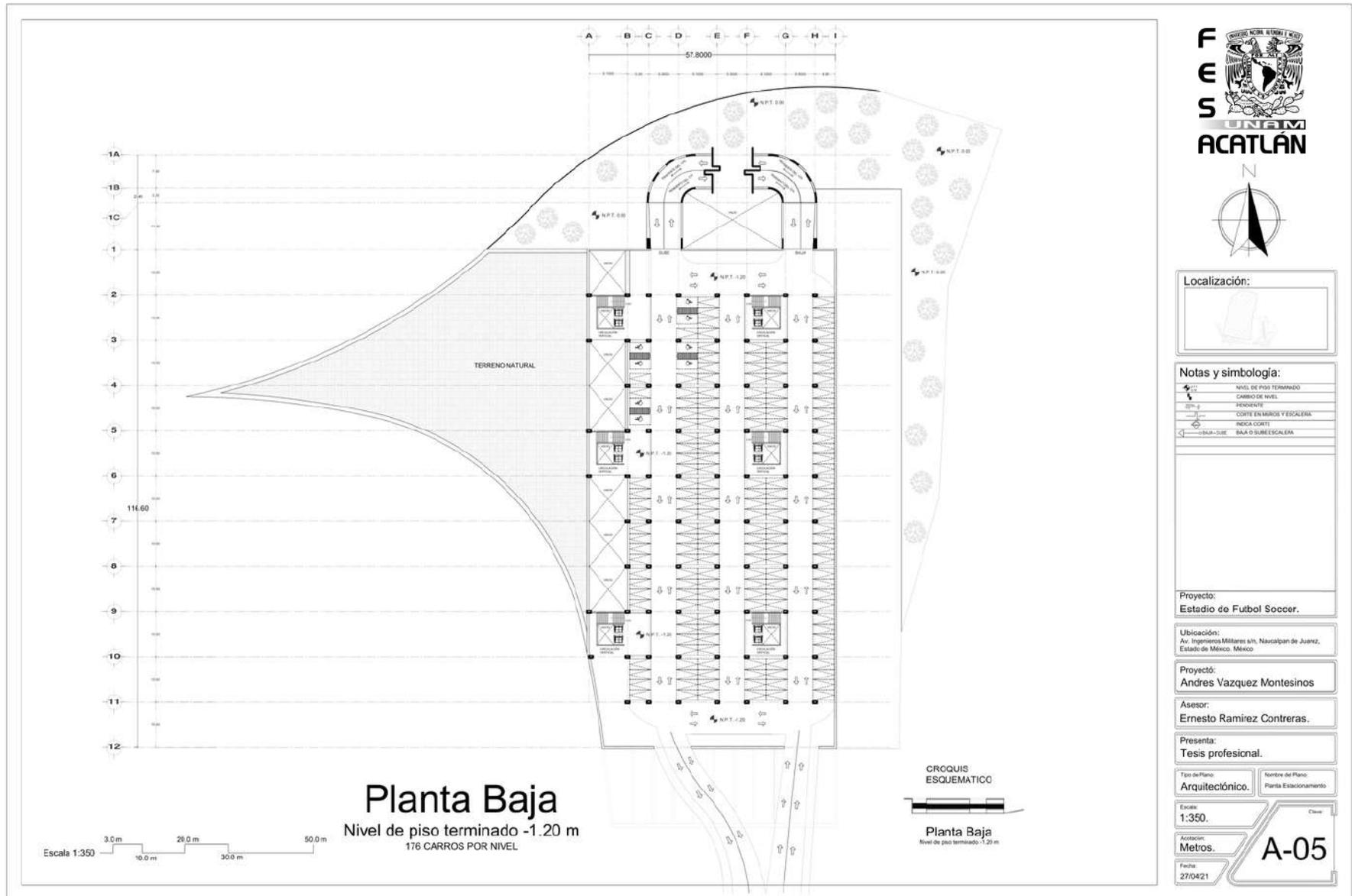
Fecha:
27/04/21

A-03

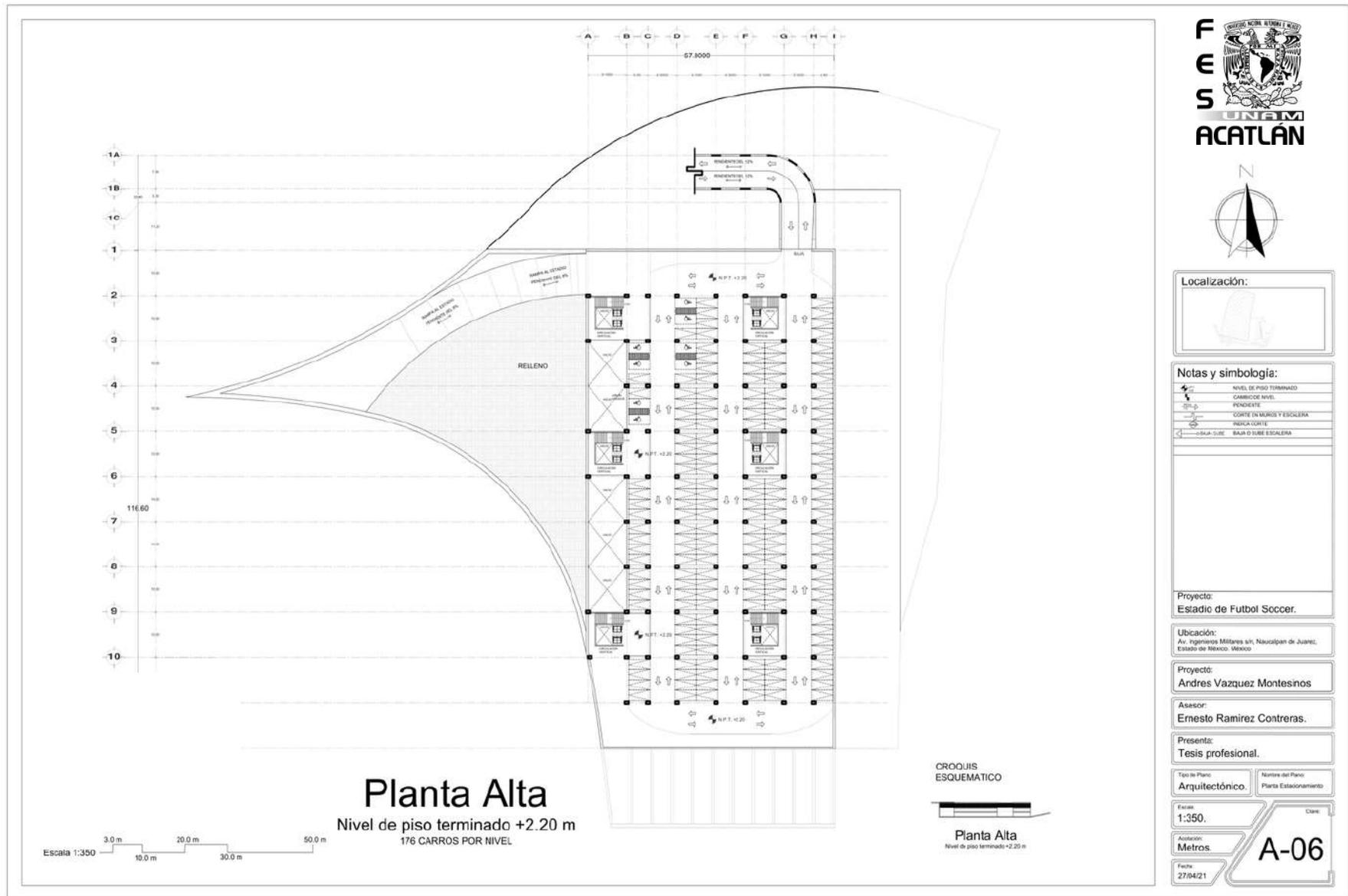
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



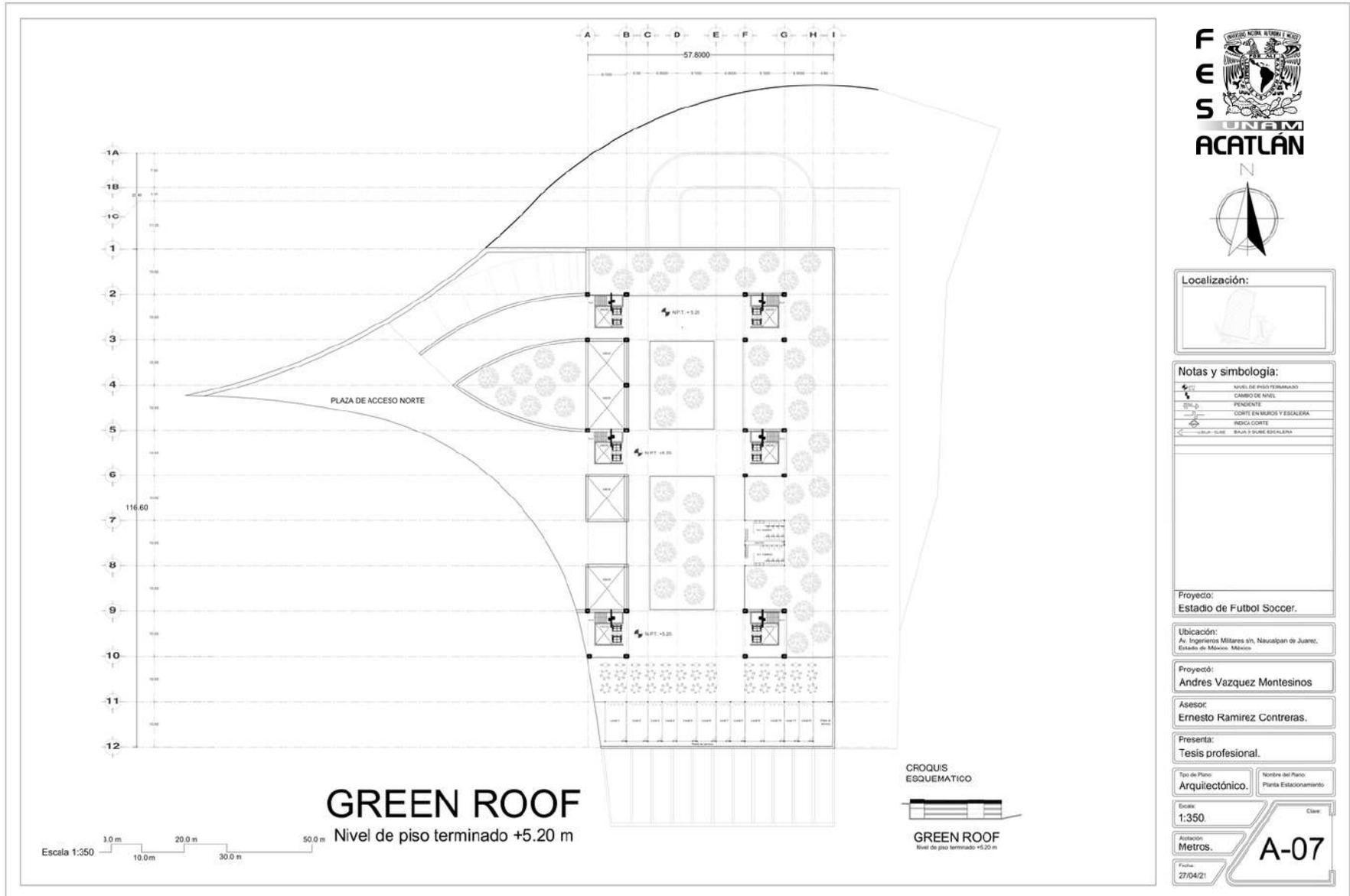
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



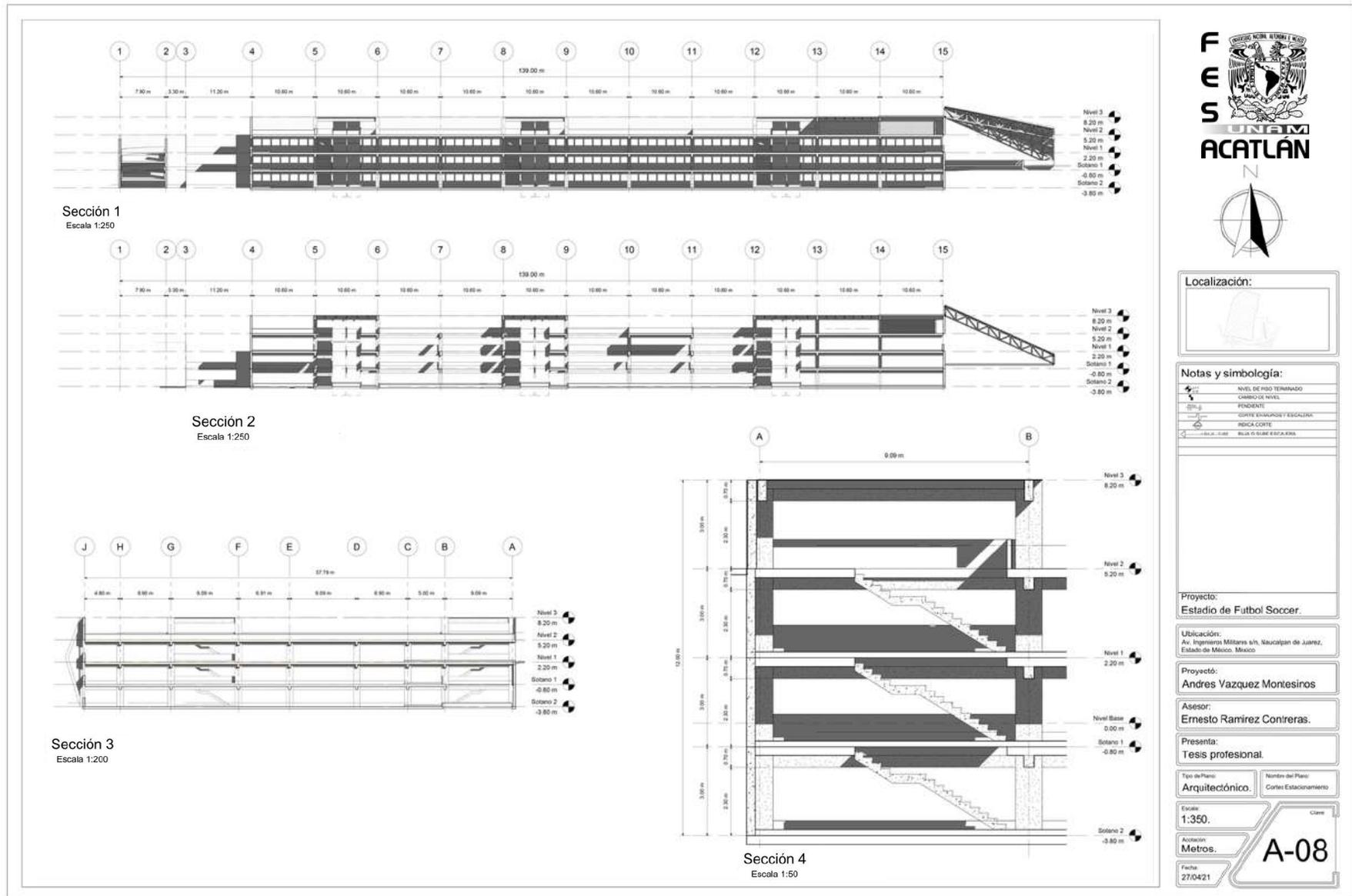
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



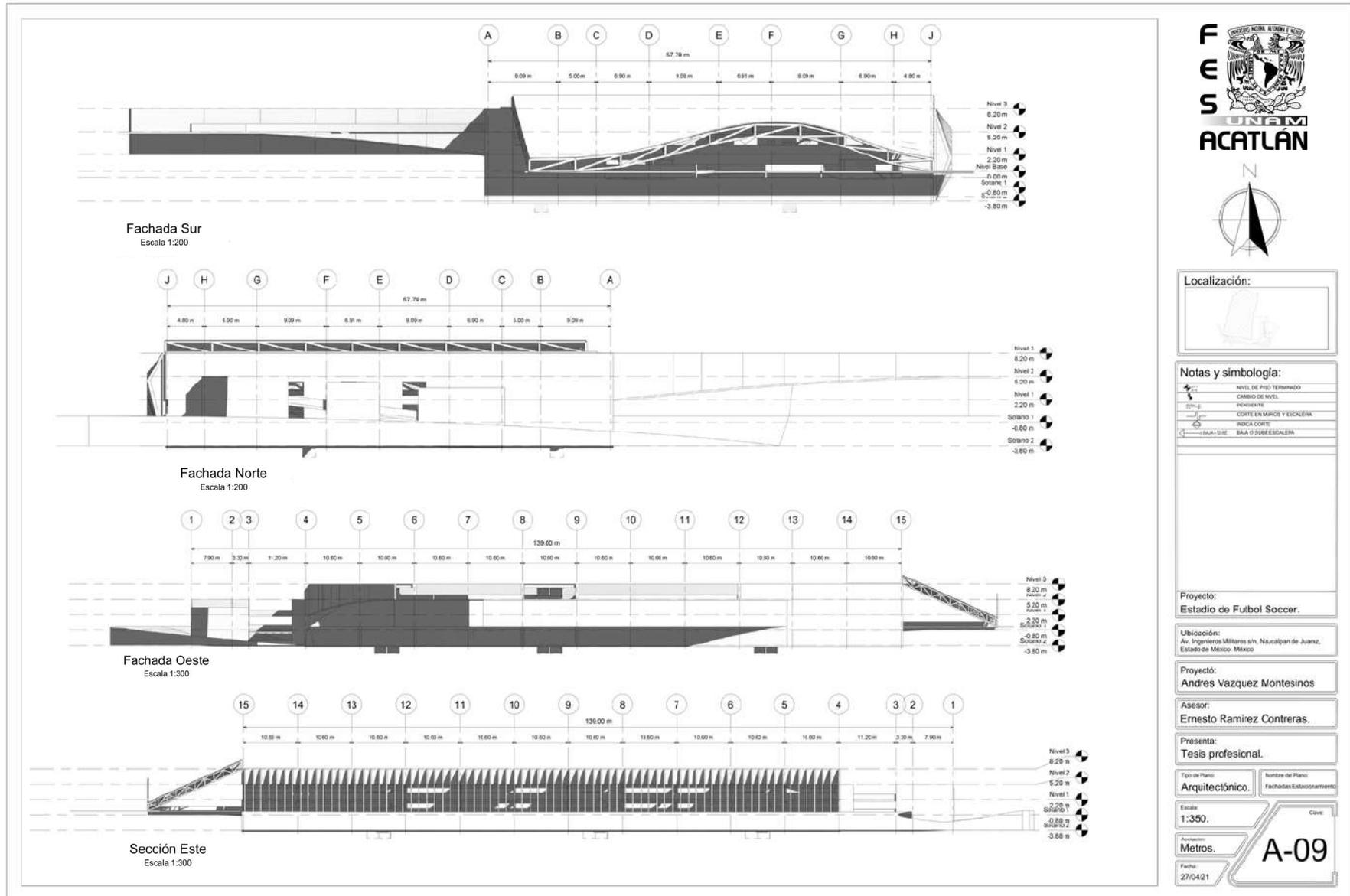
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



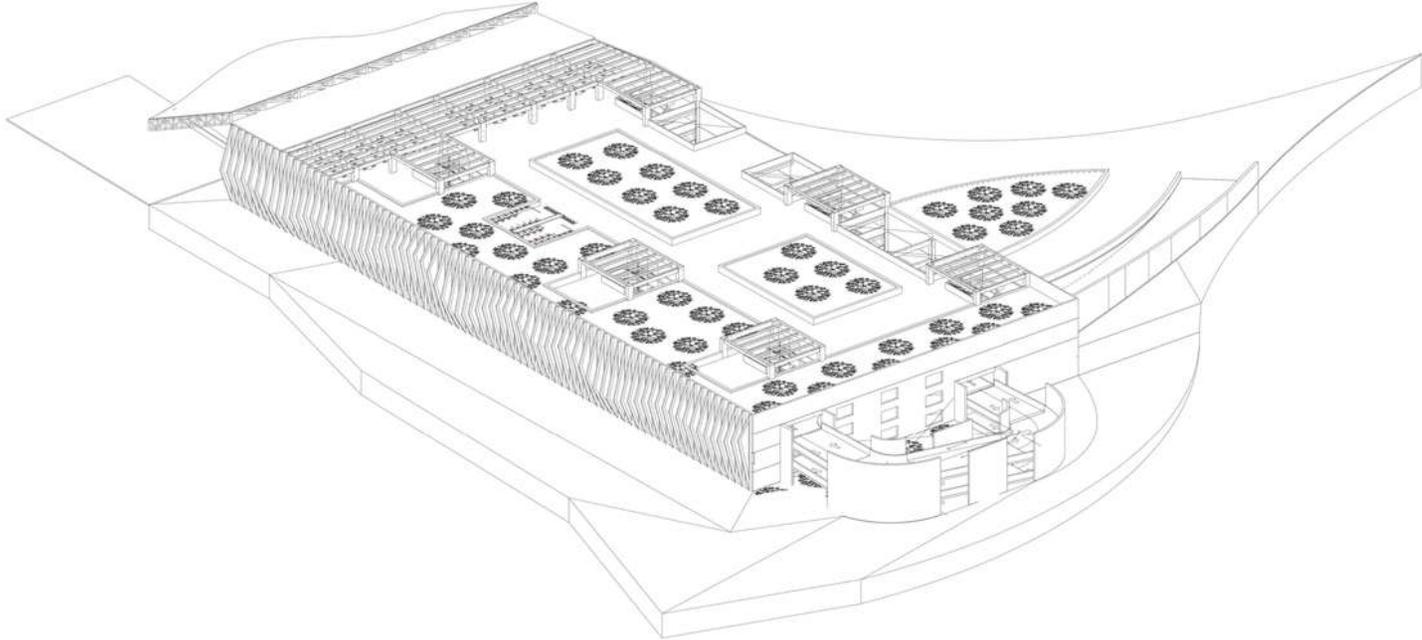
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



6.- Planos del proyecto arquitectónico.



6.- Planos del proyecto arquitectónico.







Localización:

Notas y simbología:

	NIVEL DE PISO TERMINADO
	CAMBIO DE NIVEL
	PEDIENTE
	CORTE EN MURO Y ESCALERA
	MURDO CORTE
	MUR O SUBE ESCALERA

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez,
Estado de México, México

Proyecto:
Andres Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Arquitectónico.	Nombre del Plano: Perspectiva Estacionamiento
--	--

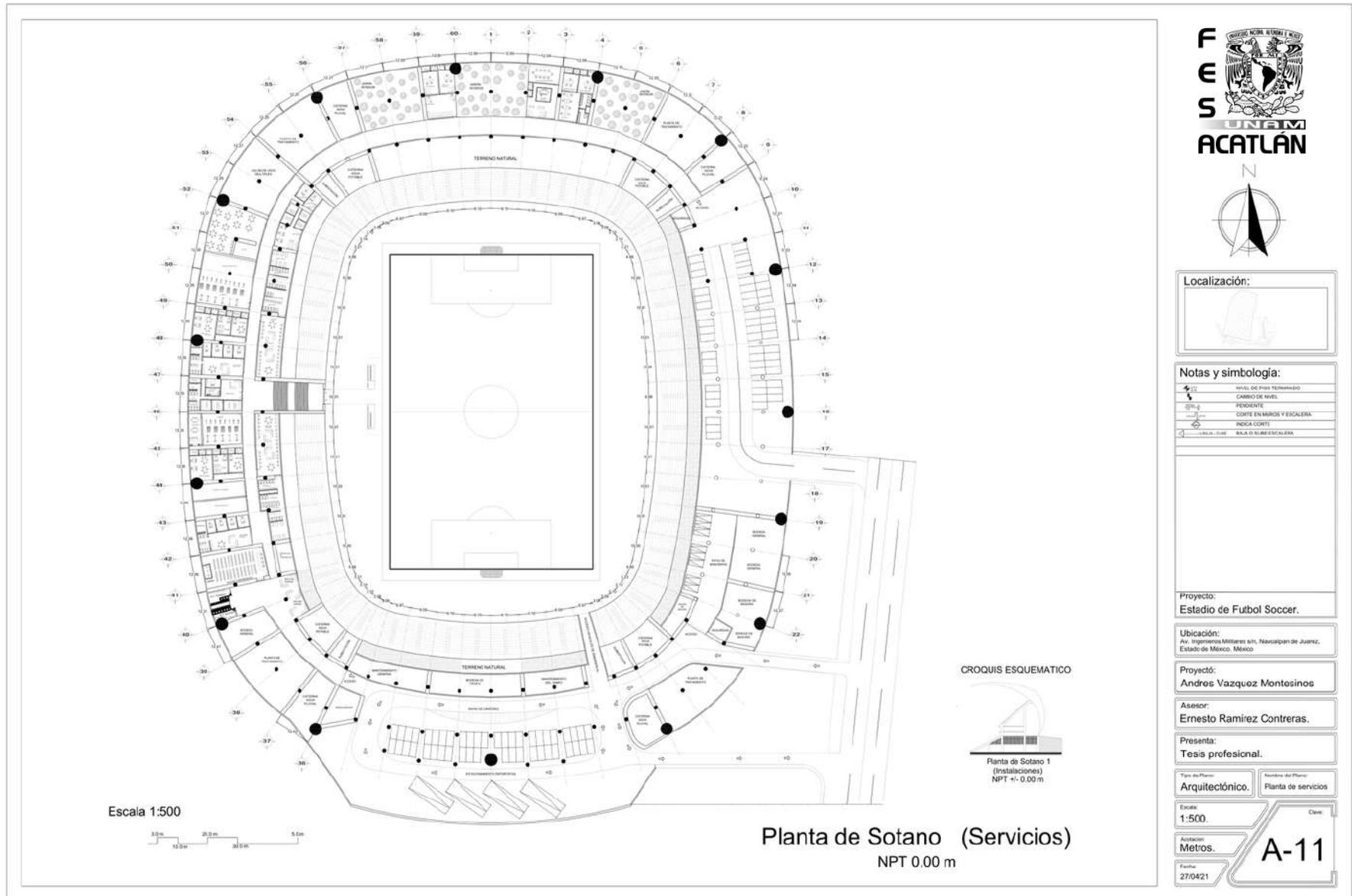
Escala:
1:350.
Clave:

Asociación:
Metros.
A-10

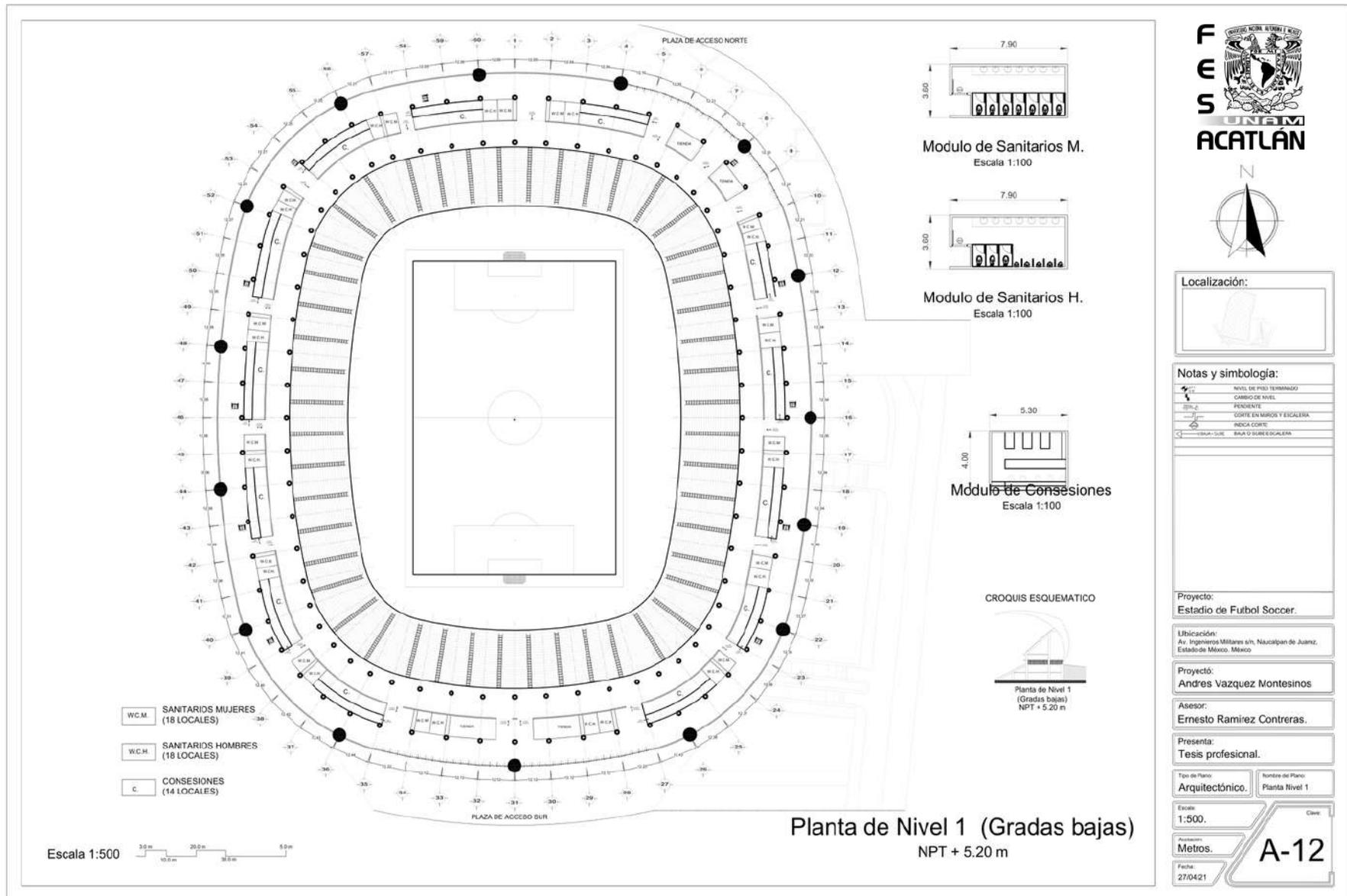
Fecha:
27/04/21

Perspectiva Noroeste
Escala 1:500

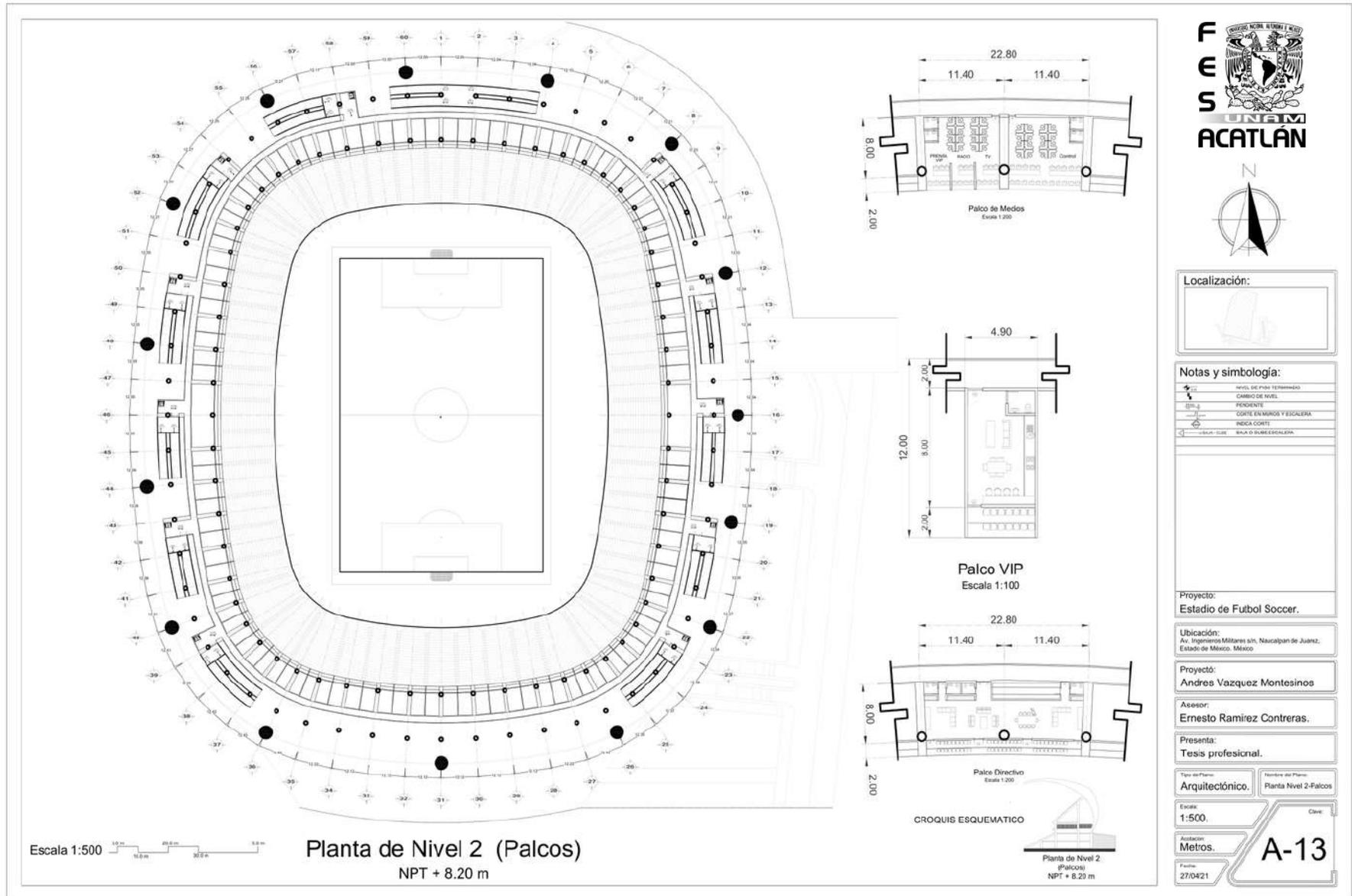
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



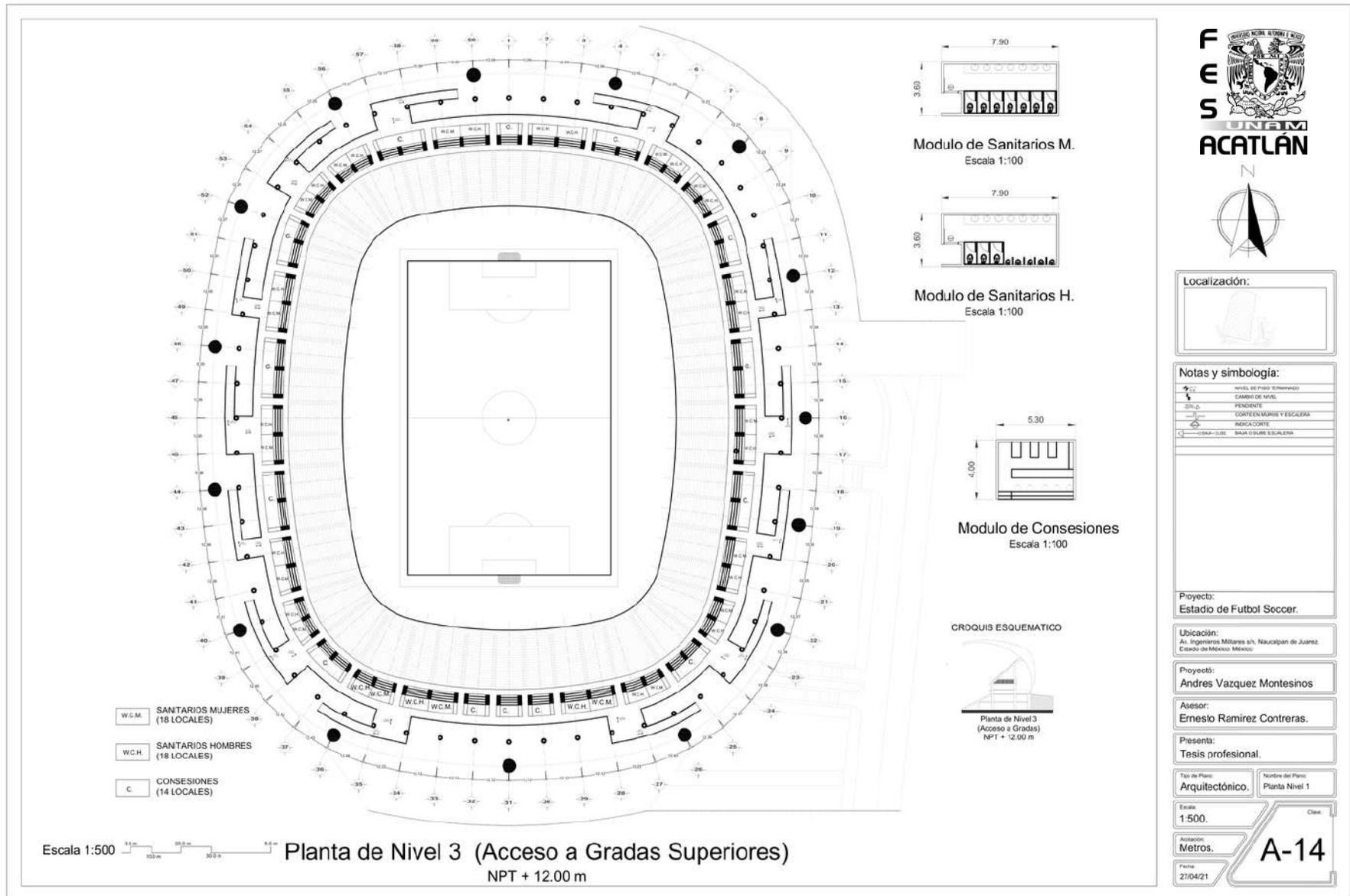
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



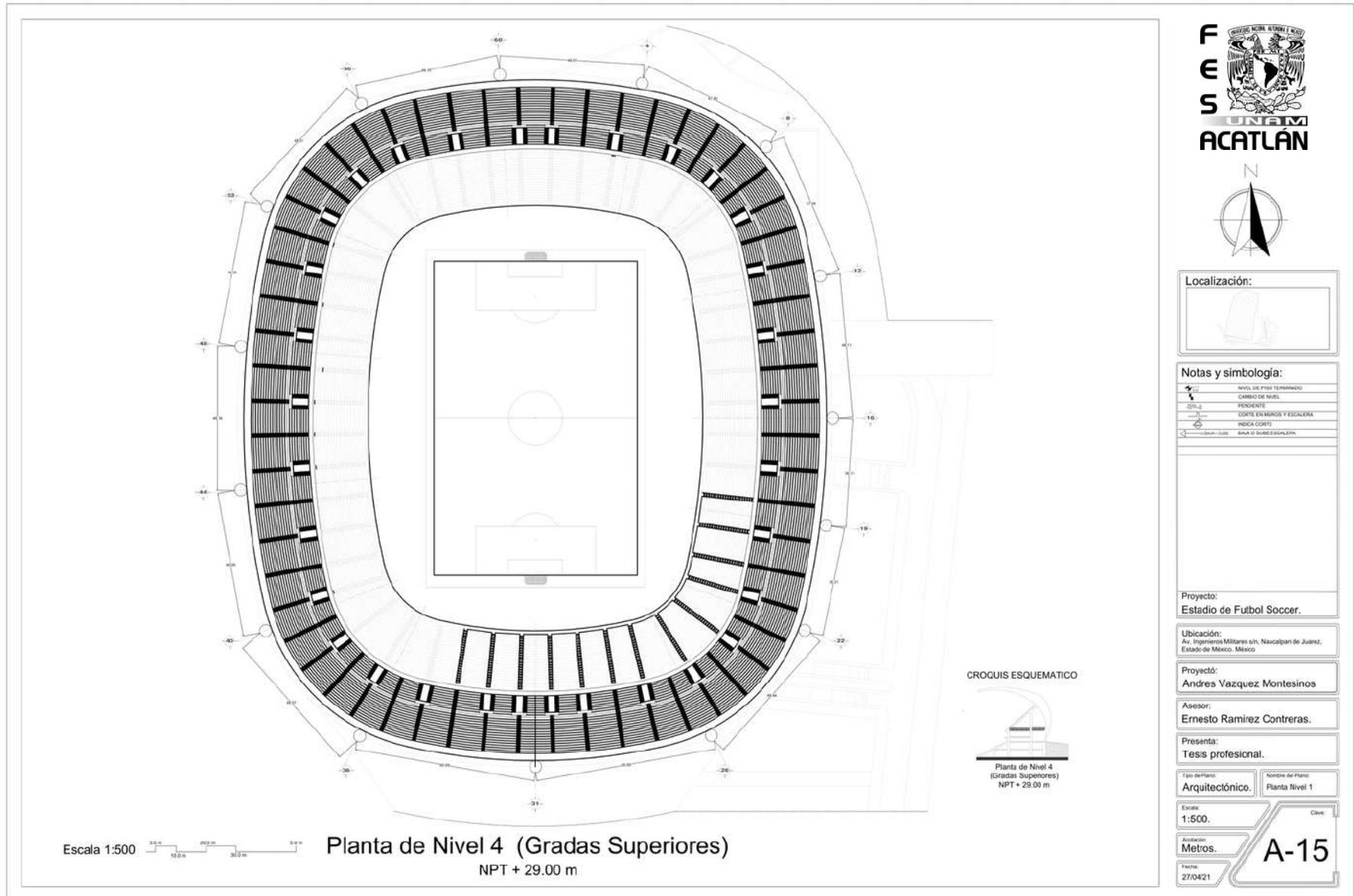
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



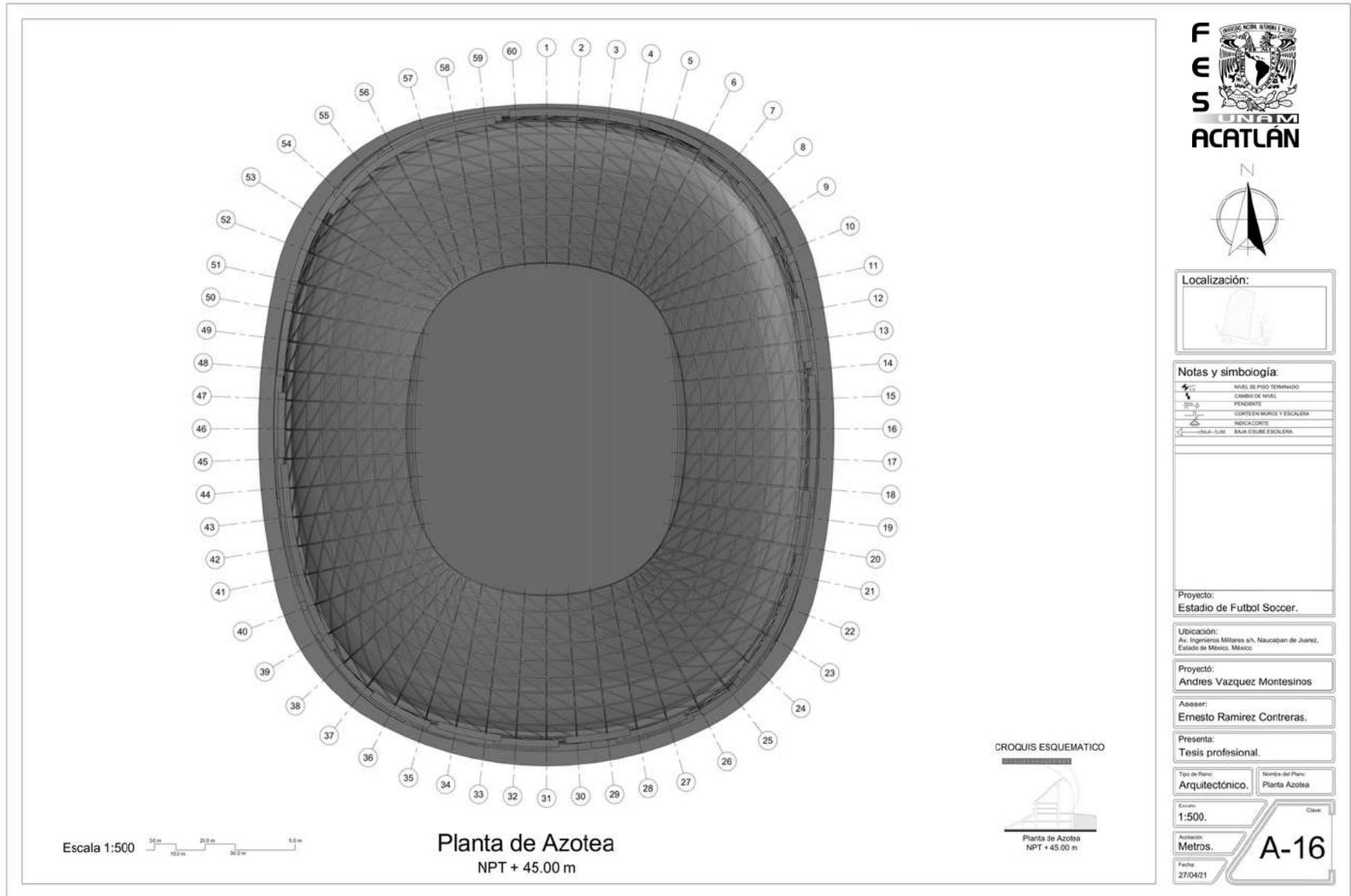
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



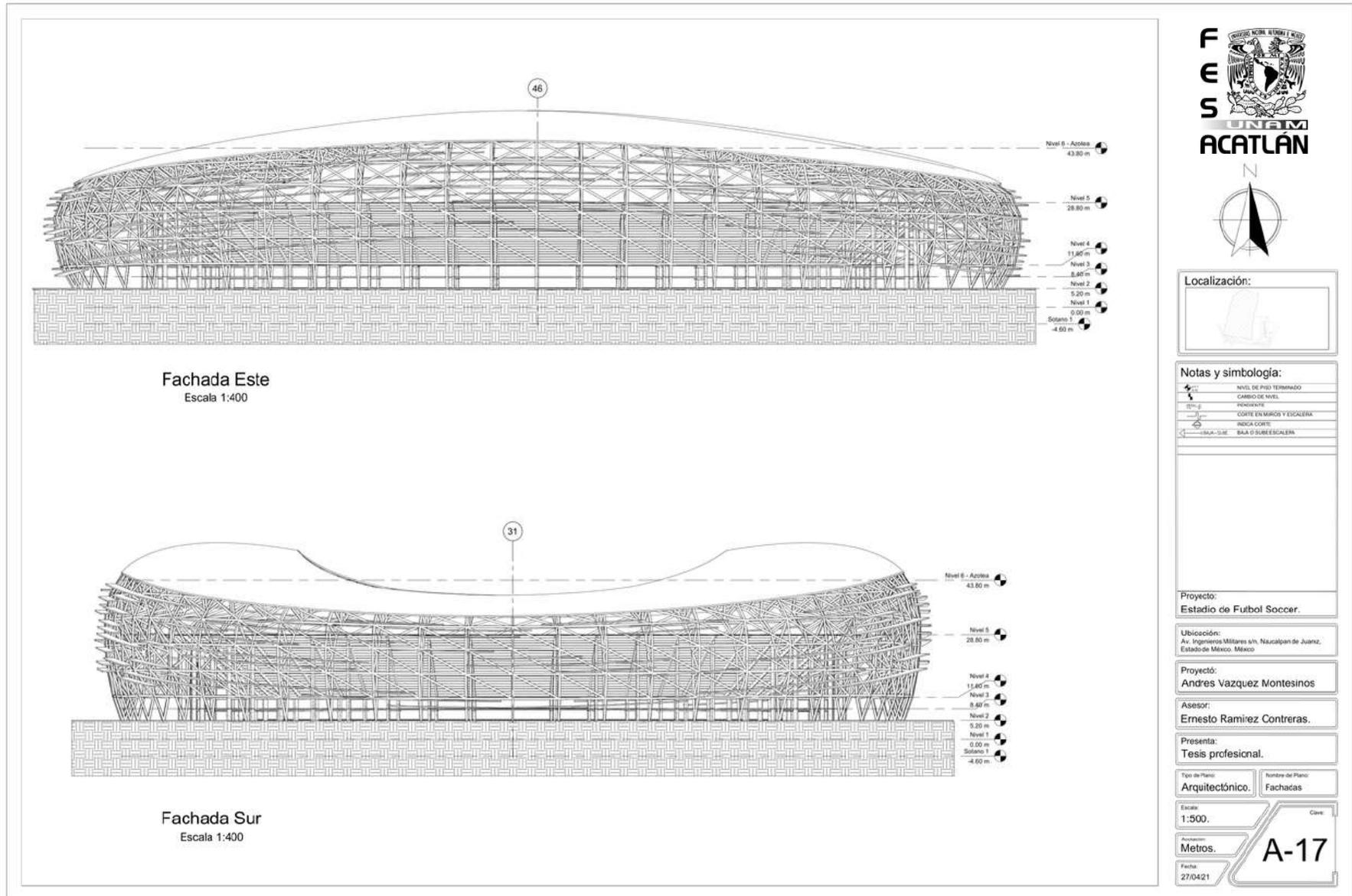
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



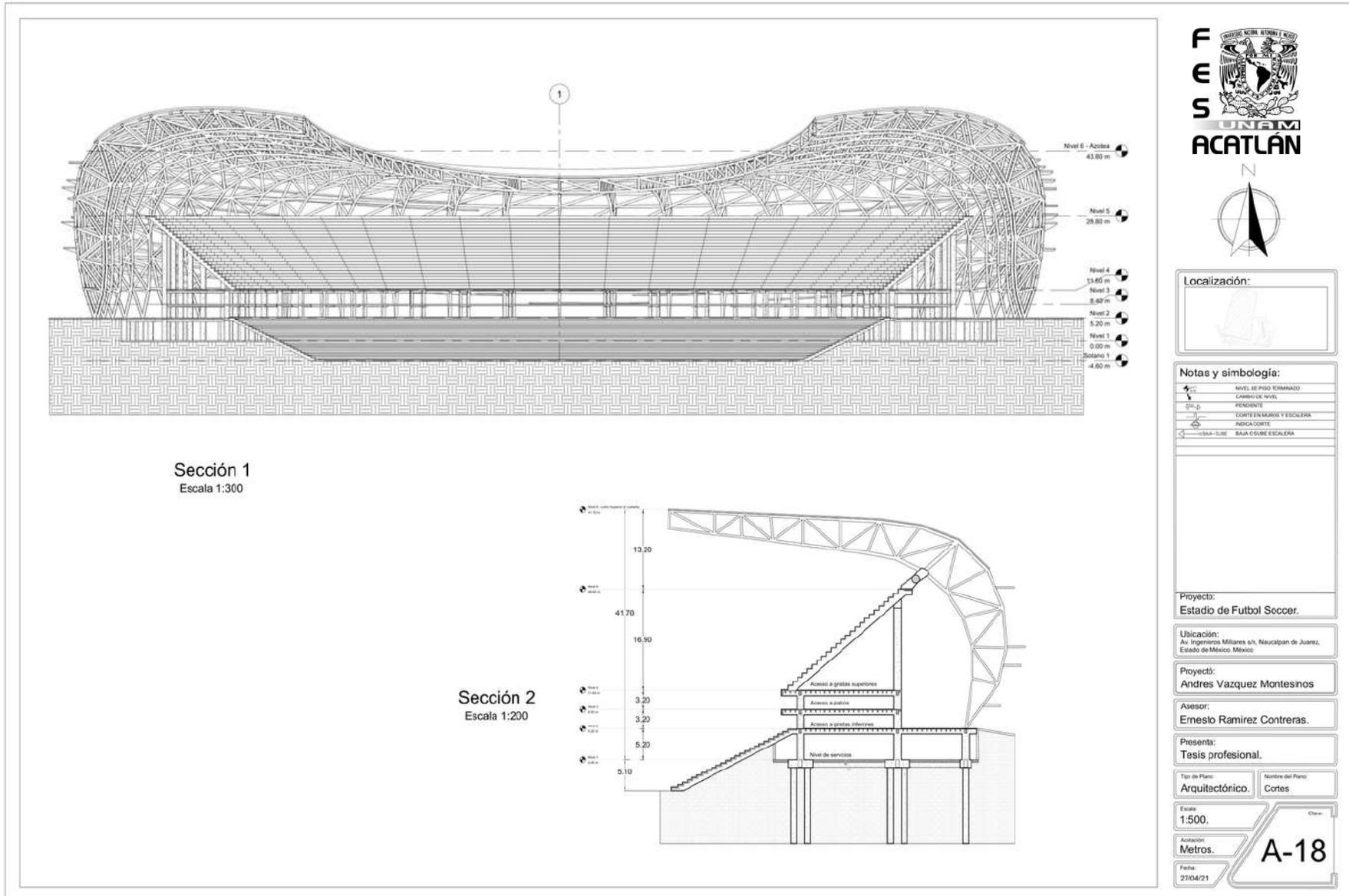
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



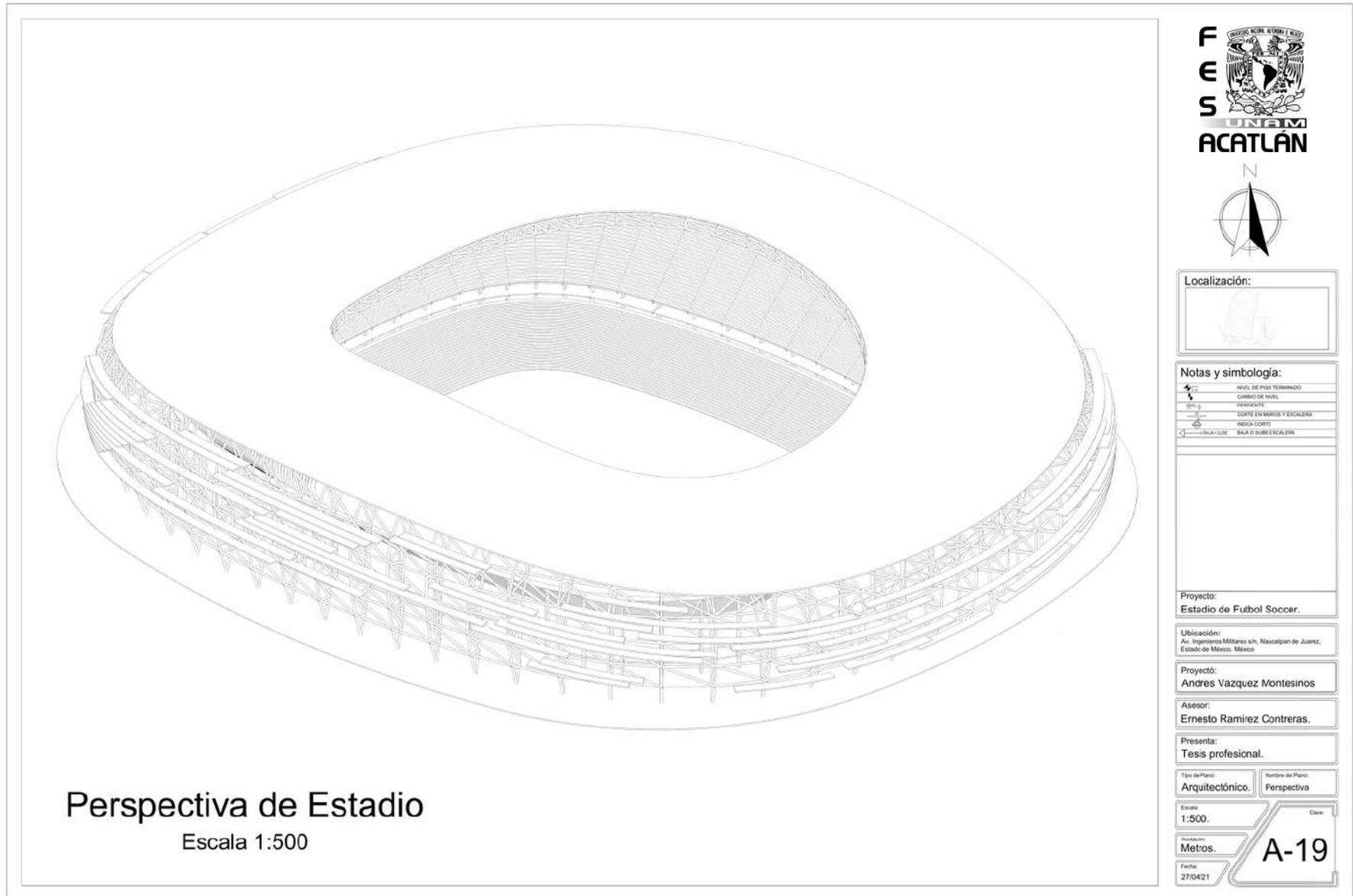
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



6.- Planos del proyecto arquitectónico.



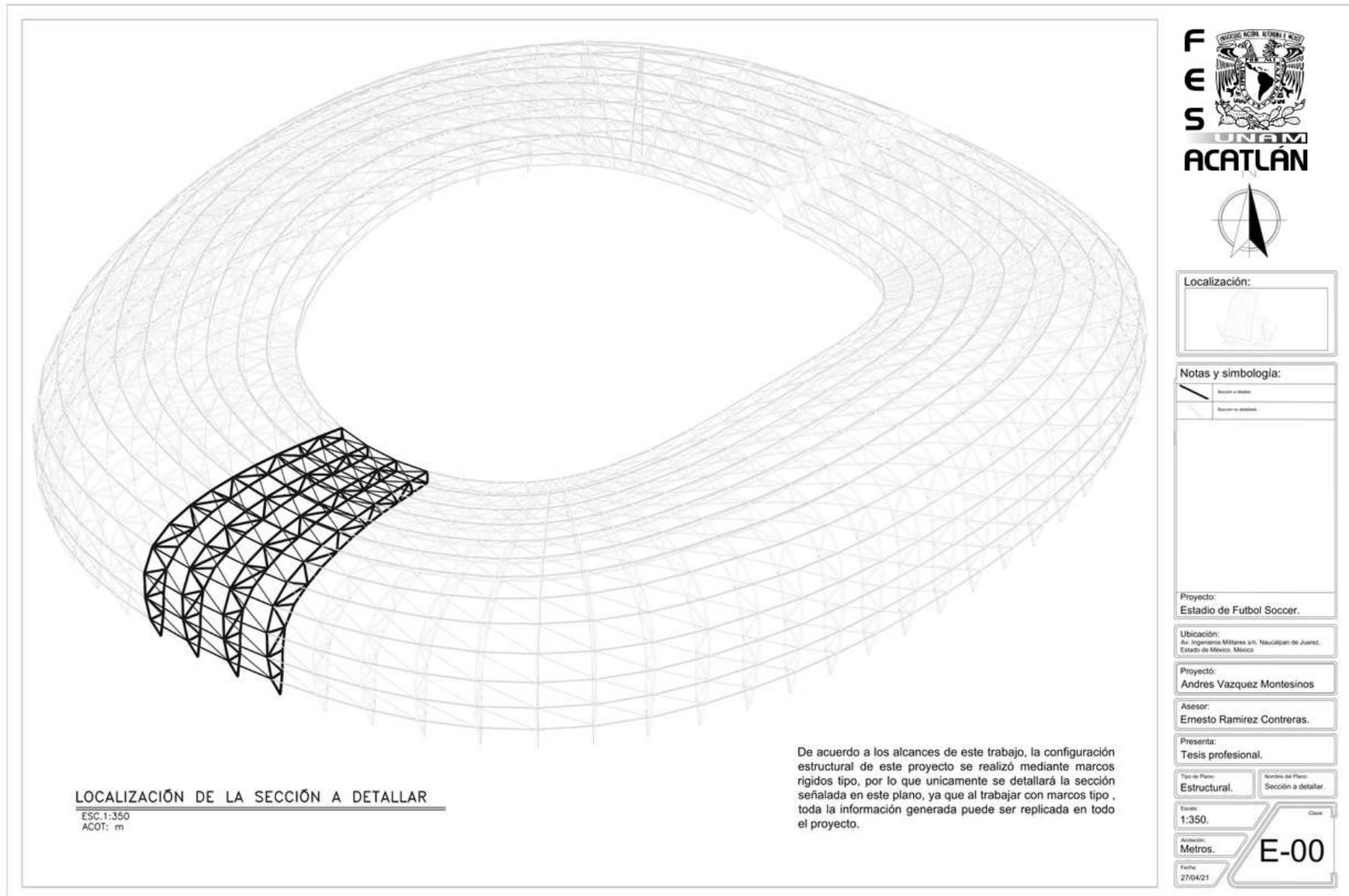
6.- Planos del proyecto arquitectónico.



7.- PLANOS DEL PROYECTO ESTRUCTURAL.



7.- Planos del proyecto estructural.



7.- Planos del proyecto estructural.

NOTAS GENERALES

1. LAS COTAS SIGEN SOBRE EL DIBUJO.
2. VERIFICAR DIMENSIONES Y NIVELES CON EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.
3. LAS COTAS ESTÁN INDICADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.
4. NIVELES INDICADOS EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
5. LAS TOLERANCIAS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO DEBERÁN CUMPLIR CON LO ESPECIFICADO EN EL CAPÍTULO 9 (TOLERANCIAS DEL AC-318-14).
6. EL CURADO DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO DEBERÁ REALIZARSE CONFORME A LO ESTIPULADO EN EL CAPÍTULO 36.5.3 (CURADO DEL REGLAMENTO ACI-318-14).
7. SE DEBERÁ VERIFICAR TODAS LAS DIMENSIONES Y CONDICIONES DE LOS TRABAJOS Y COORDINARLAS CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS, DE INSTALACIONES Y DE OTROS CONSULTORES.
8. SE COLOCARÁ UNA PLANTILLA DE 5 cm DE ESPESOR BAJO LA SOLA DE CIMENTACIÓN Y SUS CONTRAFRANSES.
9. NO SE PODRÁN MODIFICAR LAS DIMENSIONES NI ARMADOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL PROYECTISTA DE LA ESTRUCTURA.
10. LOS TRABAJOS DEBERÁN REALIZARSE DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS PLANOS.
11. TODAS LAS ABERTURAS Y DUCTOS DE INSTALACIONES DEBERÁN SER VERIFICADAS EN LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS E INSTALACIONES.
12. ABERTURAS Y PERFORACIONES A ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y ELEMENTOS EMBEBEDOS EN LA ESTRUCTURA DEBERÁN REALIZARSE DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS PLANOS.
13. TODOS LOS PLANOS ESTRUCTURALES DEBERÁN LEERSE EN CONJUNTO CON ESPECIFICACIONES RELEVANTES, DOCUMENTOS, ANÁLISIS ESTRUCTURAL, PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y PLANOS DE INSTALACIONES.
14. LOS PLANOS DE COMPRA DEBERÁN INDICAR TAMAÑO DE ELEMENTOS, DIMENSIONES, SUPERFICIES DE PREPARACIÓN, CORTES, UBICACIONES Y DETALLES DE CONEXIÓN.

TIPO DE ESTRUCTURACIÓN

LA ESTRUCTURACIÓN DEL GRADERO ESTA RESUELTA POR MARCOS RÍGIDOS DE COLUMNAS CONCRETO Y TRABES PREFABRICADAS DE CONCRETO. PARA LA CUBIERTA SE DESARROLLÓ UN SISTEMA DE ACERO CON CONTRAFRANSES EN UNA SOLA DIRECCIÓN.

REGLAMENTOS Y REFERENCIAS

- 1.- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO FEDERAL RDOF-17.
- 2.- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO 2017.
- 3.- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO POR SISMO 2017.
- 4.- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS 2017.
- 5.- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIONES 2017.
- 6.- INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) ACI 318-05

NOTAS GENERALES DE CONCRETO

A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN LAS CARACTERÍSTICAS Y LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN LOS 28 DÍAS QUE DEBERÁN TENER LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	f _c kg/cm ²	CLASE	USADO	ACTIVO
PLANTILLA SOBRE	f _{pl} 18	2	CONVENCIÓNAL	
PANELERÍA CONTRAFRANSES	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
SOLA DE CIMENTACIÓN	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
COLUMNAS Y TRABES EN SITIO	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
PANELS PREFABRICADOS	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
GRADAJAS PREFABRICADAS	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
MEMBRANAS PREFABRICADAS	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	
ARMES DE COMPRESIÓN (ENTRIBOS)	f _{pl} 18	1	ESTRUCTURAL	

1. EL CONCRETO CLASE 1 "ESTRUCTURAL" DEBERÁ TENER UN MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO DE 14,000 FC Y UN PESO VOLUMÉTRICO DE 24 KN/M³ EN ESTADO FRESCO.
2. EL CONCRETO CLASE 2 "CONVENCIÓNAL" DEBERÁ TENER UN MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO DE 8,000 FC Y UN PESO VOLUMÉTRICO DE 22 KN/M³ EN ESTADO FRESCO.
3. TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRADO 25Mm.
4. ACERO DE REFUERZO f_y 4200 kg/cm², EXCEPTO EL F 2 QUE SERÁ DE f_y 25300 kg/cm².
5. MALLA ELECTROSOLDADA GRADO 1500 kg/cm².
6. ARMEX CORRUGADO f_y 6000 kg/cm².
7. NO SE PERMITEN JUNTAS CONSTRUCTIVAS HORIZONTALES EN TRABES, MUROS Y LOSAS A MENOS QUE ESPECÍFICAMENTE SE INDIQUE EN LOS PLANOS O SE APRUEBEN EN LA BITACORA POR EL D.O.R.
8. TODA SUPERFICIE CONTIGUA NO COLADA MONOLÍTICAMENTE DEBE PRESENTAR RUGOSIDADES MÍNIMAS DE 4 mm DE AMPLITUD EN TODA LA SUPERFICIE DE UNIÓN.
9. TODO EL REFUERZO DEBERÁ ESTAR ARMADO ADECUADAMENTE PARA NO SALIRSE DESU POSICIÓN MIENTRAS EL CONCRETO SE VA CAYENDO. SI SE RESQUEMAN VARIAS LAS ABERTURAS ADICIONALES DEBERÁN SER COLOCADOS POR EL CONTRATISTA PARA PROPORCIONAR SOPORTE A TODOS LOS VARRILLOS.
10. EL REVENIMIENTO NOMINAL ES DE 20mm PARA PERMITIR LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN CONDICIONES DEBILES DEBEN SER REMOVIDO SE AUTORIZA AUMENTAR EL REVENIMIENTO HASTA UN MAXIMO DE 20mm MEDIANTE EL USO DE ACTIVOS.

DETALLES DEL ACERO DE REFUERZO

1. TODO EL ACERO DE REFUERZO USADO EN COLUMNAS, TRABES, MUROS Y CIMENTACIÓN DEBERÁ SER UNA VARILLA CORROBADA CON UN ESPESOR MÍNIMO DE FLUJENCIA DE 4.200 kg/cm² (ASTM GRADO 60), EXCEPTO EL F 2 QUE SERÁ DE 25300 kg/cm².
2. AL MOMENTO DEL COLADO, EL ACERO DE REFUERZO DEBERÁ ESTAR LIBRE DE OÍDOO Y ESCAMAS SUELOS, LO QUE SI OTRA IMPRESIÓN QUE PUEDA REDUCIR ADHERENCIA.
3. EL REFUERZO DEBERÁ ESTAR CORRECTAMENTE COLOCADO Y FIRMEMENTE ASEGURADO EN LA POSICIÓN INDICADA EN LOS PLANOS.
4. LAS SEPARACIONES DE TRABES Y CONTRAFRANSES SE EMPEZARÁN A CONTAR A PARTIR DEL PAÑO DE APOYO COLOCÁNDOSE EL PRIMERO A 5 cm COMO MÁXIMO.
5. LOS SANCHOES, DOBLADOS, RADIOS DE CURVATURA Y EMPALMES SE AJUSTARÁN A LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA 1.1 DE ESTE PLANO, EXCEPTO CUANDO ESPECÍFICAMENTE SE INDIQUE OTRA DIMENSIÓN EN LOS PLANOS.
6. EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO LIBRE DEL ACERO DE REFUERZO SERÁ MAYOR QUE EL DIÁMETRO DE LA VARILLA. EN LOSAS, CONTRAFRANSES Y MUROS 1.50 CM, EN TRABES Y COLUMNAS: 20 CM EN CIMENTACIÓN 3.0 cm (CON PLANTILLA).

7. SE DEBERÁ TENER ESPECIAL PREOCUPACIÓN EN CALZAR ADECUADAMENTE EL ACERO DE REFUERZO PARA QUE CONSERVE SU POSICIÓN DURANTE Y DESPUÉS DEL COLADO PARA QUE EL PERSONAL NO FUSE EL REFUERZO DEL LUCHO SUPERIOR, UTILIZO SIEMPRE DEL MISMO ACERO DE REFUERZO.
8. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA COSA, TODO EL REFUERZO CORRIDO Y LOS BASTONES EXTREMOS, SE ANCLARÁN EN SUZS EXTREMOS, CON GANCHOS A 90°, CON UNA LONGITUD DE 12 VECES EL DIÁMETRO DEL REFUERZO.
9. LA MALLA ELECTROSOLDADA DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA ASTM A 95.
10. LOS TRALAPES DE MALLAS SE HARÁN SEGUN EL SIGUIENTE DETALLE EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

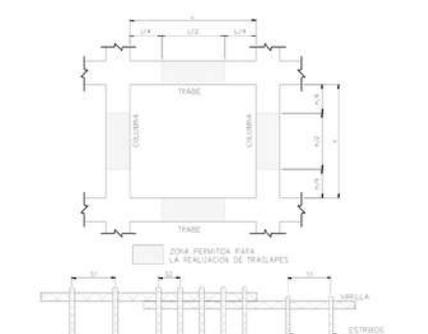
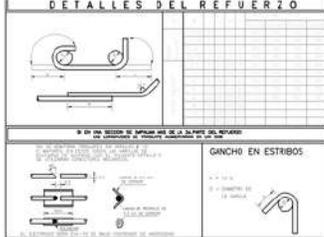


Tabla 1.1
DETALLES DEL REFUERZO



ESPECIFICACIONES DE CIMENTACIÓN

- 1.- LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA SERÁ A BASE DE PILAS DE FRICCIÓN DESPLANTADAS A 7.0m Y MÁS.
- 2.- TODO EL REFUERZO DEBERÁ ESTAR FIO DURANTE EL COLADO DEL CONCRETO SI ES NECESARIO, SE DEBERÁN AGREGAR VARRILLAS Y/O ESTRIBOS ADICIONALES PARA EL CORRECTO FUNDAMENTO DEL ACERO DE REFUERZO.
- 3.- PARA RELLenos, PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACIÓN Y MONITOREO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN SEGUIR LAS INDICACIONES DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 4.- SE DEBERÁN DEMOLIR EN SU TOTALIDAD LAS ESTRUCTURAS ACTUALES EXISTENTES A EL PREDIO DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 5.- SE DEBERÁN REALIZAR VENTANAJOS NOTARIALES DE LAS ESTRUCTURAS COLINDANTES PREVIO AL INICIO DE LOS TRABAJOS DE DEMOLICIÓN DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 6.- PARA LA EJECUCIÓN DE EXCAVACIONES, PROTECCIÓN A COLINDANCIAS Y REEDIFICACIÓN SE DEBERÁ APLICAR LO INDICADO EN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 7.- SE DEBERÁN EFECTUAR NIVELACIONES DE PRECISIÓN DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN Y SUPERESTRUCTURA DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 8.- EN CASO DE QUE LA EXCAVACIÓN SEA REALIZADA POR MEDIOS MECÁNICOS LOS ÚLTIMOS 20 CM DE ESTA DEBERÁN REALIZARSE POR MEDIOS MANUALES PARA GARANTIZAR EL NIVEL DE DESPLANTE DE LA ESTRUCTURA.
- 9.- TODOS LOS COLADOS DE CONTRAFRANSES, MUROS DE CONTENCIÓN, LOSAS DE CIMENTACIÓN Y OTROS ELEMENTOS QUE TENDAN CONTACTO CON EL TERRENO DEBERÁN DE COLARSE CON CUBIERTA A MENOS QUE EL CONSTRUCTOR ASEGURE LA GEOMETRÍA, DIMENSIONES, VOLUMETRÍA, POSICIÓN DE REFUERZO Y TIPO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS POR EL PROYECTO.
- 10.- SE DEBERÁ TENER ESPECIAL CUIDADO DE QUE EL REVENIMIENTO DEL CONCRETO PARA EL COLADO DE LAS PILAS SEA MÍNIMO DE 20.

NOTAS SOBRE CIMBRADO Y APUNTALAMIENTO

- 1.- LA CUBIERTA DEBERÁ SER CAPAZ DE RESISTIR LA CARGA MUERTA MAS UNA CARGA VIVA DE CONSTRUCCIÓN DE 150 kg/m² ADEMÁS DE SU PESO PROPIO.
- 2.- EN LOS CASOS DONDE NO SE DEBERÁ DESMONTARSE ANTES DE 3 DÍAS DESPUÉS DEL COLADO NI ANTES QUE EL CONCRETO ALCANCE UN VALOR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 175 kg/cm².
- 3.- EN COLUMNAS Y MUROS LA CUBIERTA PODRÁ DEMONTARSE DESPUÉS DE 24 HRS. CUANDO EL CURADO DEL ELEMENTO, ESTOS ELEMENTOS NO DEBERÁN SOPORTAR CARGA ALGUNA HASTA TENER UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 175 kg/cm².
- 4.- POSTERIOR AL DESMONTAJE DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEBERÁN APUNTALARSE HASTA OBTENER EL 100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO.
- 5.- EN ELEMENTOS VERTICALES, PODRÁ UTILIZARSE UN ADITIVO PARA AYUDAR AL CURADO DEL ELEMENTO EL CUAL DEBERÁ SER A BASE DE AGUA.
- 6.- LOS ELEMENTOS DE CONCRETO DEBERÁN MANTENERSE EN UN AMBIENTE HUMEDO POR LO MENOS DURANTE 7 DÍAS EN CASO DE CONCRETO NORMAL, Y 3 DÍAS EN CASO DE CONCRETO DE RESISTENCIA RÁPIDA.

NOTAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

- 1.- ACOTACIONES EN METROS, EXCEPTO DONDE INDIQUE LO CONTRARIO.
- 2.- NIVELES EN METROS.
- 3.- LAS COTAS SIGEN SOBRE EL DIBUJO.
- 4.- VERIFICAR COTAS Y ELEVACIONES EN PLANOS ARQUITECTÓNICOS.
- 5.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:
 - A) PLACAS DE ACERO A-36 F_y 250 kg/cm²
 - B) PERFILES LIBRES LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO A-372 G₅₀ F_y 355 kg/cm²
 - C) TODAS LAS SOLDADURAS SERÁN DE LA SERIE E-70+ SEGUN A-5. EXCEPTO EN LA UNIÓN DE VARRILLAS CON PLACAS QUE SERÁ E-30+.
- 6.- LA DESIGNACIÓN DE LOS PERFILES CORRESPONDE A LA DEL MANUAL 1.1 DE LA INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ACERO, COMPLEMENTADAS CON EL MANUAL A-1 Y 5-2 EN SU ÚLTIMA EDICIÓN.
- 7.- ESTOS PLANOS SOLO MUESTRAN LA GEOMETRÍA BÁSICA DE LA ESTRUCTURA, PERFILES Y CONEXIONES TÍPICAS.
- 8.- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA SERÁ RESPONSABLE DE VERIFICAR Y REVISAR LAS DIMENSIONES Y UBICACIÓN DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.
- 9.- LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEBERÁ REALIZARSE CONFORME A LAS ESPECIFICACIONES Y AL CÓDIGO DE PRÁCTICAS DEBERÁ CONFORMAR A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS PERFILES LIBRES LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO A-372 G₅₀ F_y 355 kg/cm² POSIBLES. LAS TOLERANCIAS DE LOS MIEMBROS SE CONTROLARÁN DE MANERA QUE LOS DIFERENTES MIEMBROS PUEDAN CONECTARSE SIN CAÍZAS. CADA CONEXIÓN SE REVISARÁ EN TALLER MEDIANTE MOXD UPS.
- 10.- SE PERMITIRÁ EL EMPLEO DE MIEMBROS DE ACERO ESTRUCTURAL EN EL TALLER O EN EL CAMPO, SIN PREAprobACIÓN Y AUTORIZACIÓN.
- 11.- ANTES DEL MONTAJE, LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS SE MEDIRÁN PARA CONTRASTAR LOS REQUISITOS DE TOLERANCIAS, LA INFORMACIÓN DE LA ENLACE SE ENVIARÁ PARA SU REVISIÓN ANTES DEL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS.
- 12.- LAS TOLERANCIAS DEBEN COMPENSARSE MEDIANTE PLACAS DE AJUSTE.
- 13.- LA ESTRUCTURA DEBERÁ ESTAR FIRMEMENTE ASEGURADA DURANTE EL MONTAJE, LAS TOLERANCIAS DEBEN DE SER REVISADAS Y EVALUADAS DURANTE EL MONTAJE.
- 14.- VERIFICAR LAS DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE, LAS CONDICIONES GENERALES DEL SITIO, CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS EXISTENTES ANTES DE COMENZAR LA CONSTRUCCIÓN. PRECIONAR UN ESTUDIO TEMPORAL, ADECUADAMENTE DE LOS PUNTOS DE INTERFAZ CON UNA RETENCIÓN ADECUADA. VERIFICAR LA GEOMETRÍA ANTES DE MONTARLA EN LA CONSTRUCCIÓN, LOS ESTUDIOS SERÁN REALIZADOS POR UN COMITÉ DE AUTORIZACIÓN, MANEJANDO LA INFORMACIÓN RECIBIDA PARA SU REVISIÓN ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN.
- 15.- TODA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL SE INSPECCIONARÁ VISUALMENTE.
- 16.- TODOS LOS SOLDADORES DEBERÁN ESTAR CALIFICADOS SEGUN A-5. D-1.
- 17.- TODAS LAS SOLDADURAS DEBERÁN ESTAR PRECALIFICADAS POR AWS / AISC A MENOS QUE SE INDIQUE EN LAS ESPECIFICACIONES.
- 18.- LAS PRUEBAS DE ULTRASONIDO DE ACUERDO CON AWS D-1.1 SE REALIZARÁN PARA EL 100 POR CIENTO DE TODAS LAS UNIDADES DE PENETRACIÓN COMPLETA.
- 19.- TODAS LAS CONEXIONES TÍPICAS DEBEN REVISARSE VISUALMENTE, Y LAS CONEXIONES CRÍTICAS DE DESPLAZAMIENTO DEBEN REVISARSE CON UNA LLAVE DINAMOMÉTRICA CALIBRADA PARA VERIFICAR UN MÍNIMO DEL 25 POR CIENTO DE LOS PERNOS. EN CADA CONEXIÓN DEBEN SER REVISADOS CON UNA LLAVE DINAMOMÉTRICA CON UN RIESGO DE SUPERFICIE PARA JUNTAS ESTRUCTURALES QUE UTILIZAN PERNOS ASTM A325 U A490.



Localización:



Notas y simbología:

Proyecto:
Estadio de Fútbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez, Estado de México, México

Proyecta:
Andrés Vazquez Montesinos

Aseor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano:
Estructural.

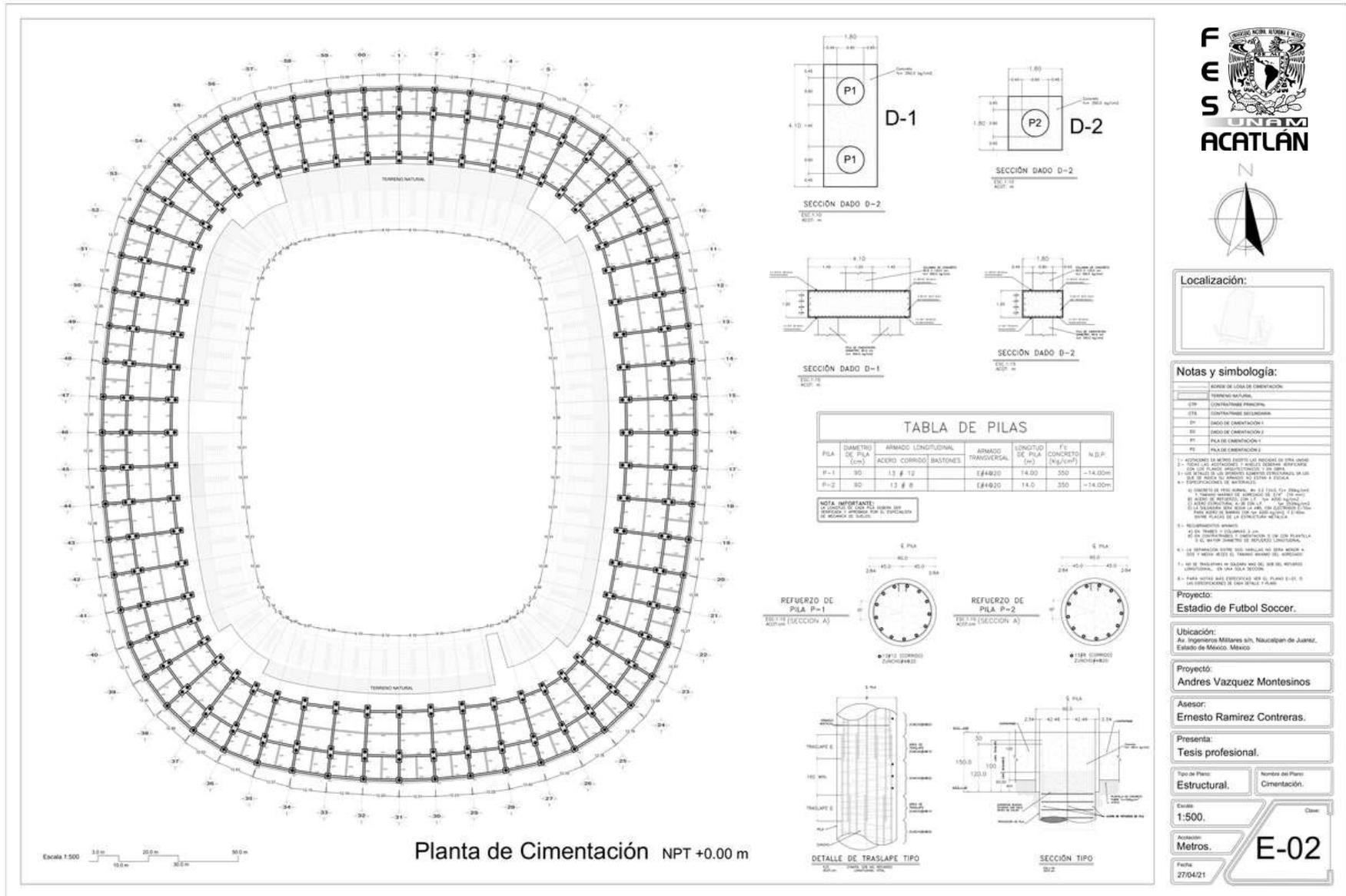
Escala:
1:100.

Asesor:
Metros.

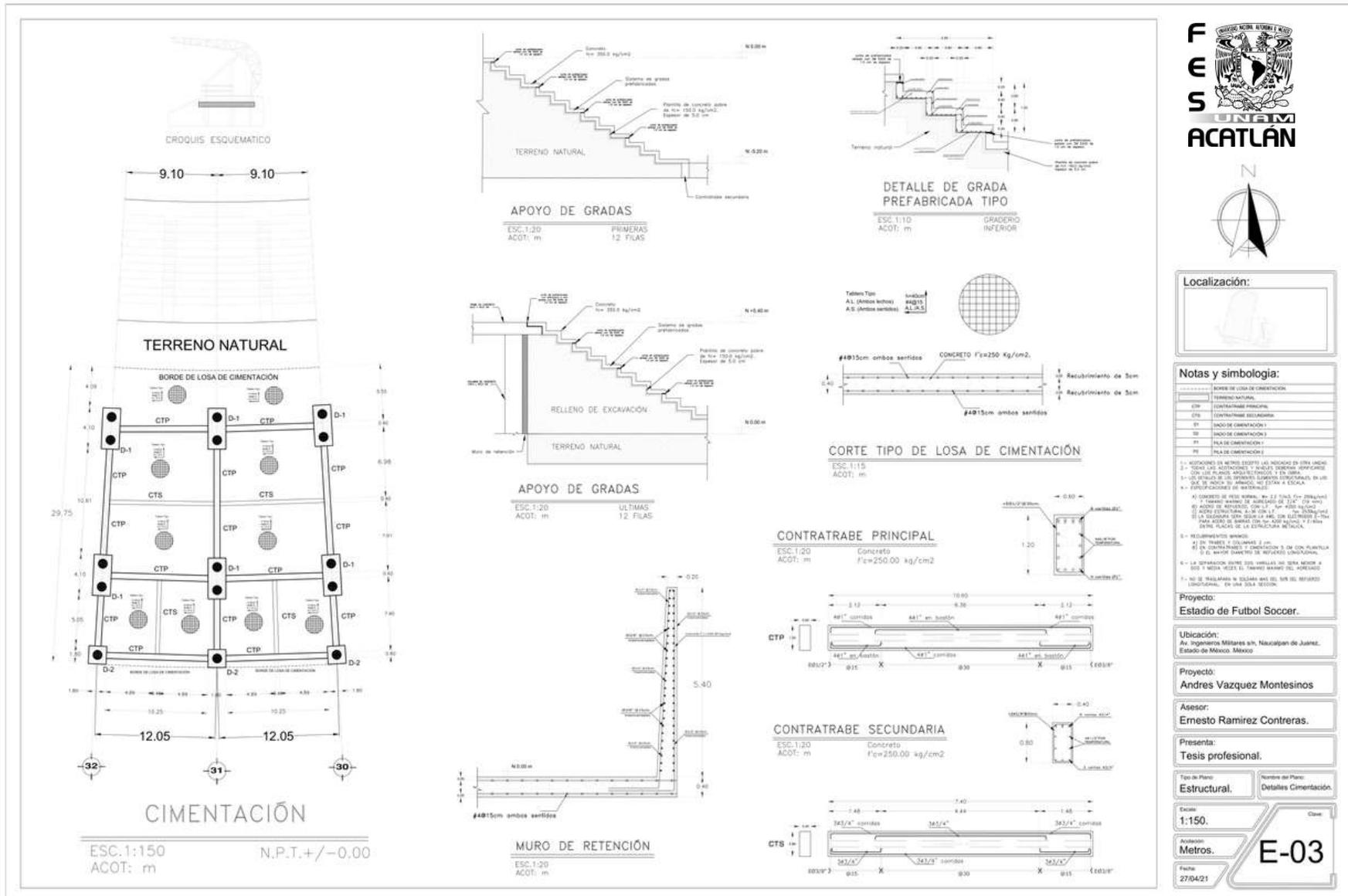
Fecha:
27/04/21

E-01

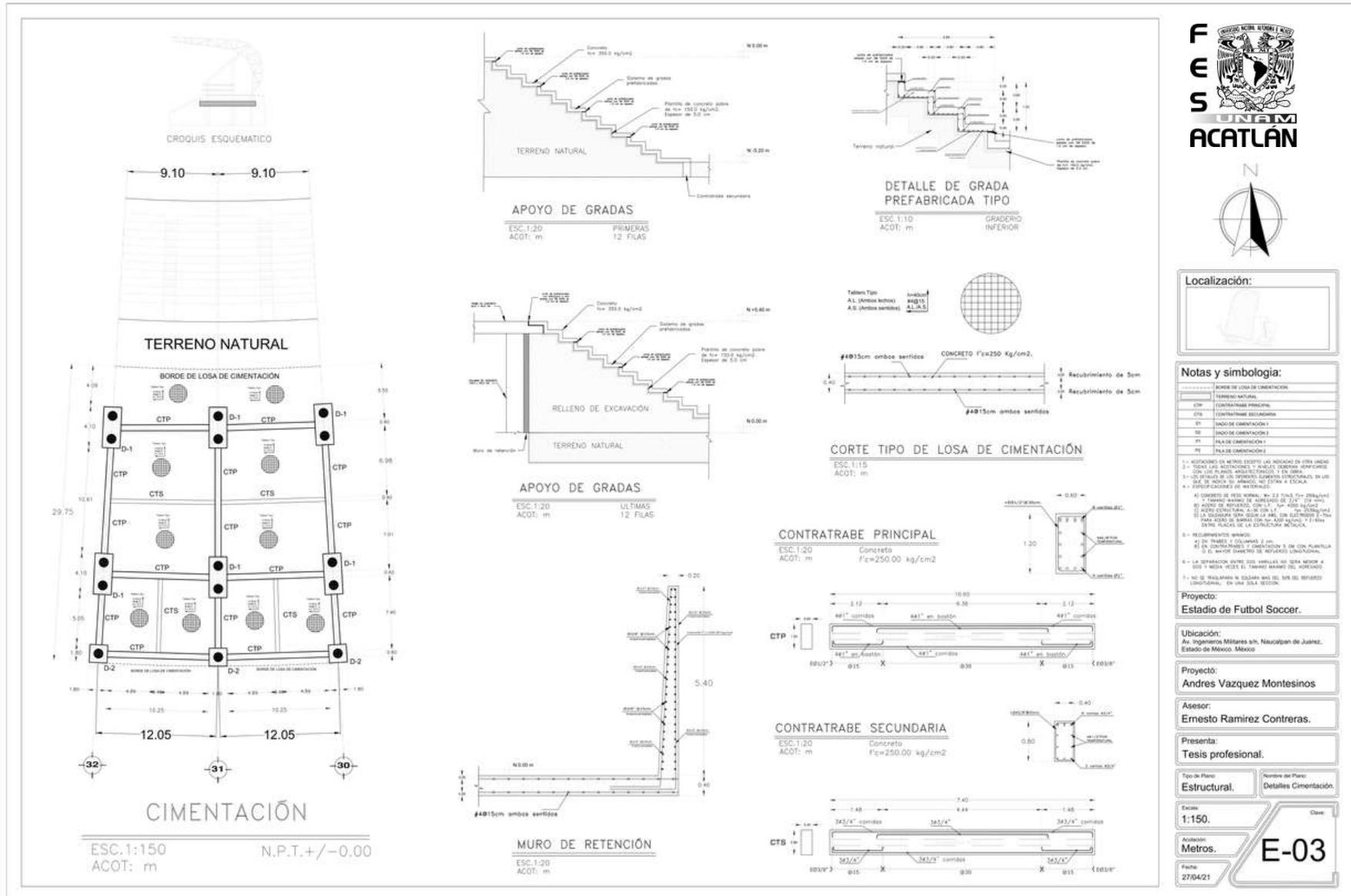
7.- Planos del proyecto estructural.



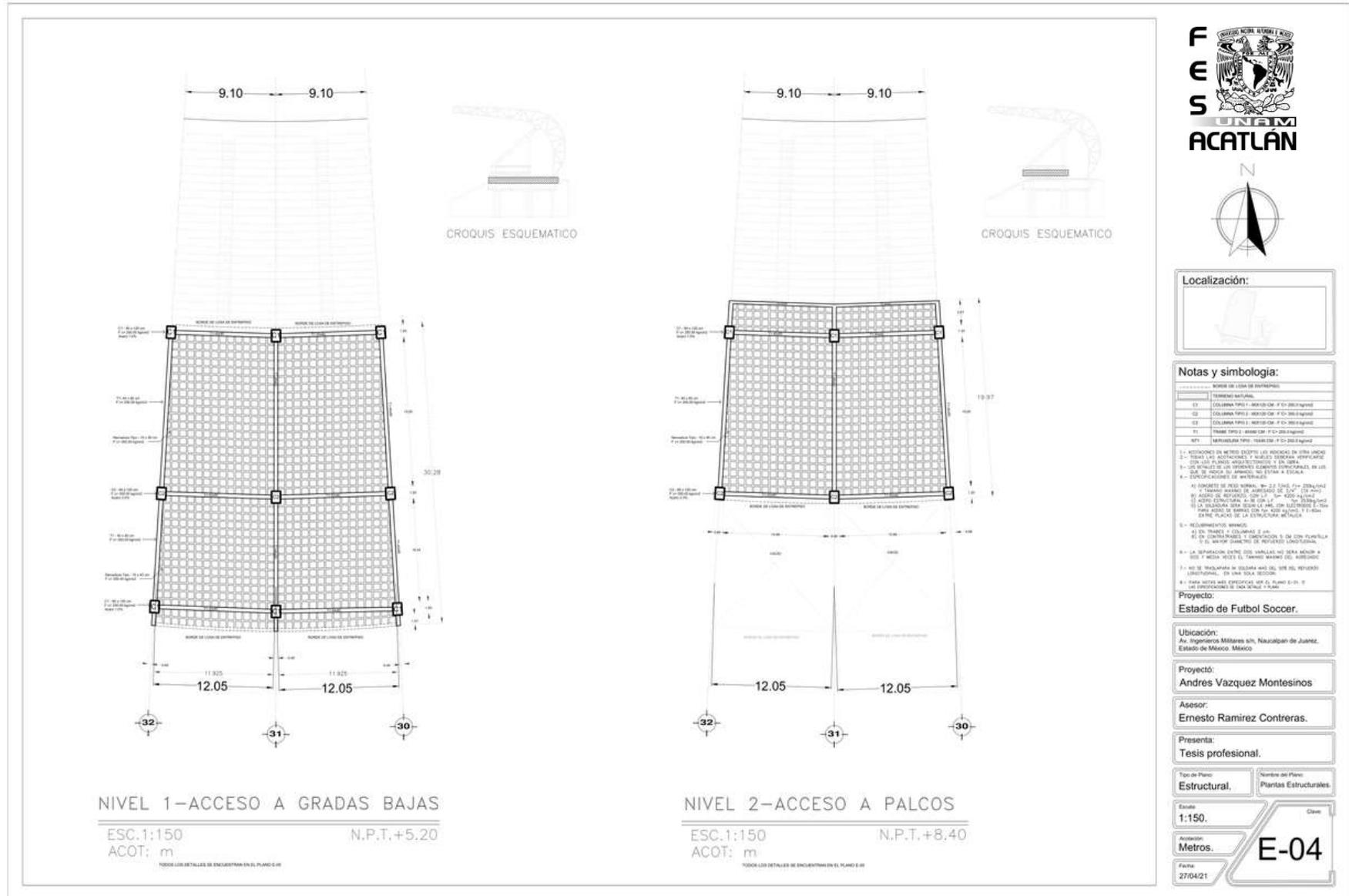
7.- Planos del proyecto estructural.



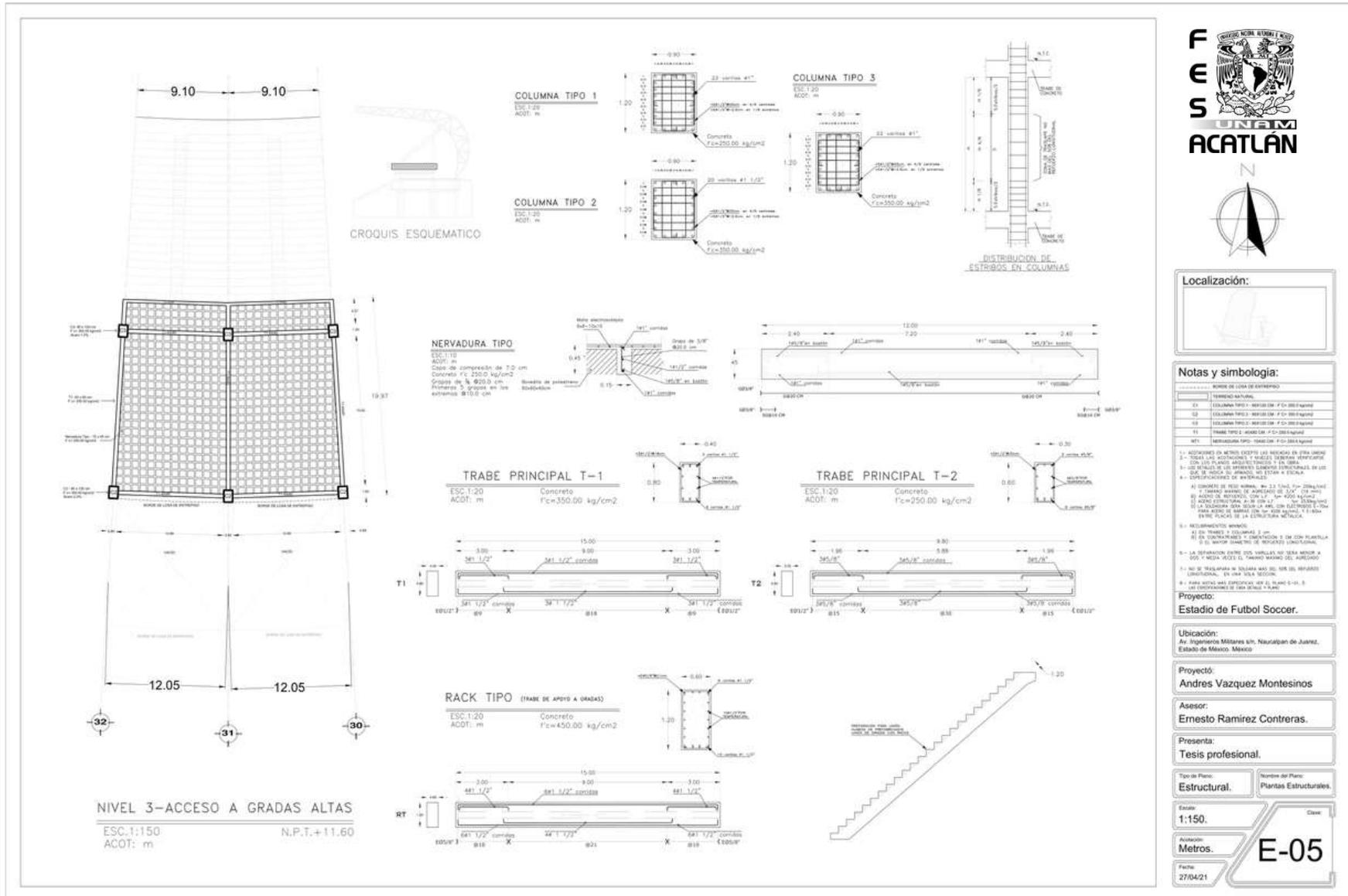
7.- Planos del proyecto estructural.



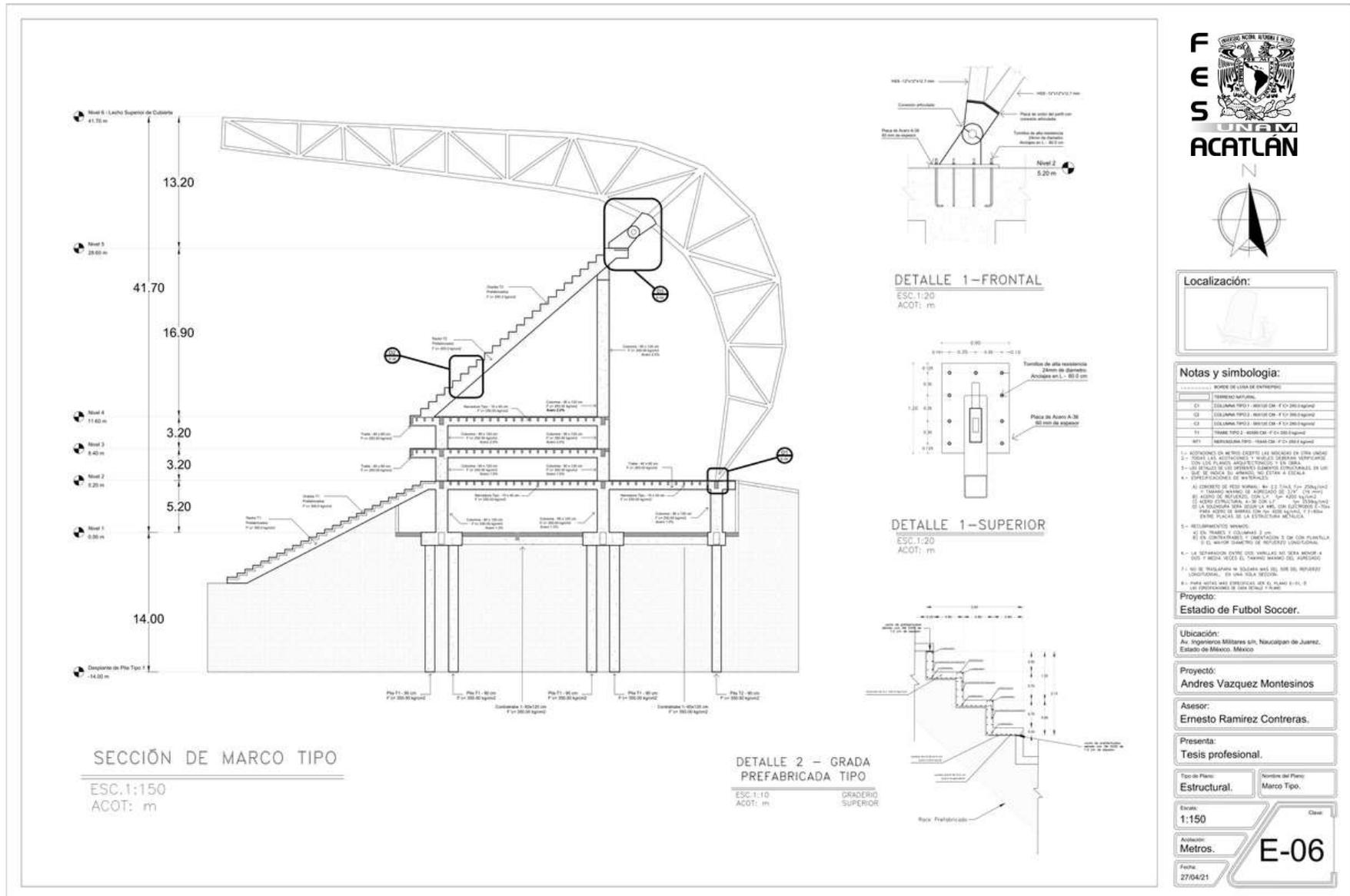
7.- Planos del proyecto estructural.



7.- Planos del proyecto estructural.



7.- Planos del proyecto estructural.



Localización:

Notas y simbología:

- BOVEDA DE LISA DE ENTREPISO
- TERRENO NATURAL
- COLUNA TIPO 1: SECCION 40x40x400 cm
- COLUNA TIPO 2: SECCION 40x40x400 cm
- COLUNA TIPO 3: SECCION 40x40x400 cm
- TRAMPA TIPO 2: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 2: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 3: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 4: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 5: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 6: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 7: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 8: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 9: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 10: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 11: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 12: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 13: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 14: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 15: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 16: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 17: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 18: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 19: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 20: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 21: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 22: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 23: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 24: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 25: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 26: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 27: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 28: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 29: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 30: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 31: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 32: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 33: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 34: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 35: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 36: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 37: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 38: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 39: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 40: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 41: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 42: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 43: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 44: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 45: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 46: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 47: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 48: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 49: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 50: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 51: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 52: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 53: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 54: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 55: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 56: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 57: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 58: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 59: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 60: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 61: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 62: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 63: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 64: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 65: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 66: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 67: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 68: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 69: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 70: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 71: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 72: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 73: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 74: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 75: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 76: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 77: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 78: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 79: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 80: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 81: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 82: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 83: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 84: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 85: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 86: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 87: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 88: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 89: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 90: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 91: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 92: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 93: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 94: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 95: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 96: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 97: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 98: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 99: SECCION 40x40x400 cm
- SECCION TIPO 100: SECCION 40x40x400 cm

Proyecto: Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación: Av. Ingenieros Militares s/n, Naucatlan de Juarez, Estado de Mexico, Mexico

Proyecto: Andres Vazquez Montesinos

Asesor: Ernesto Ramirez Contreras.

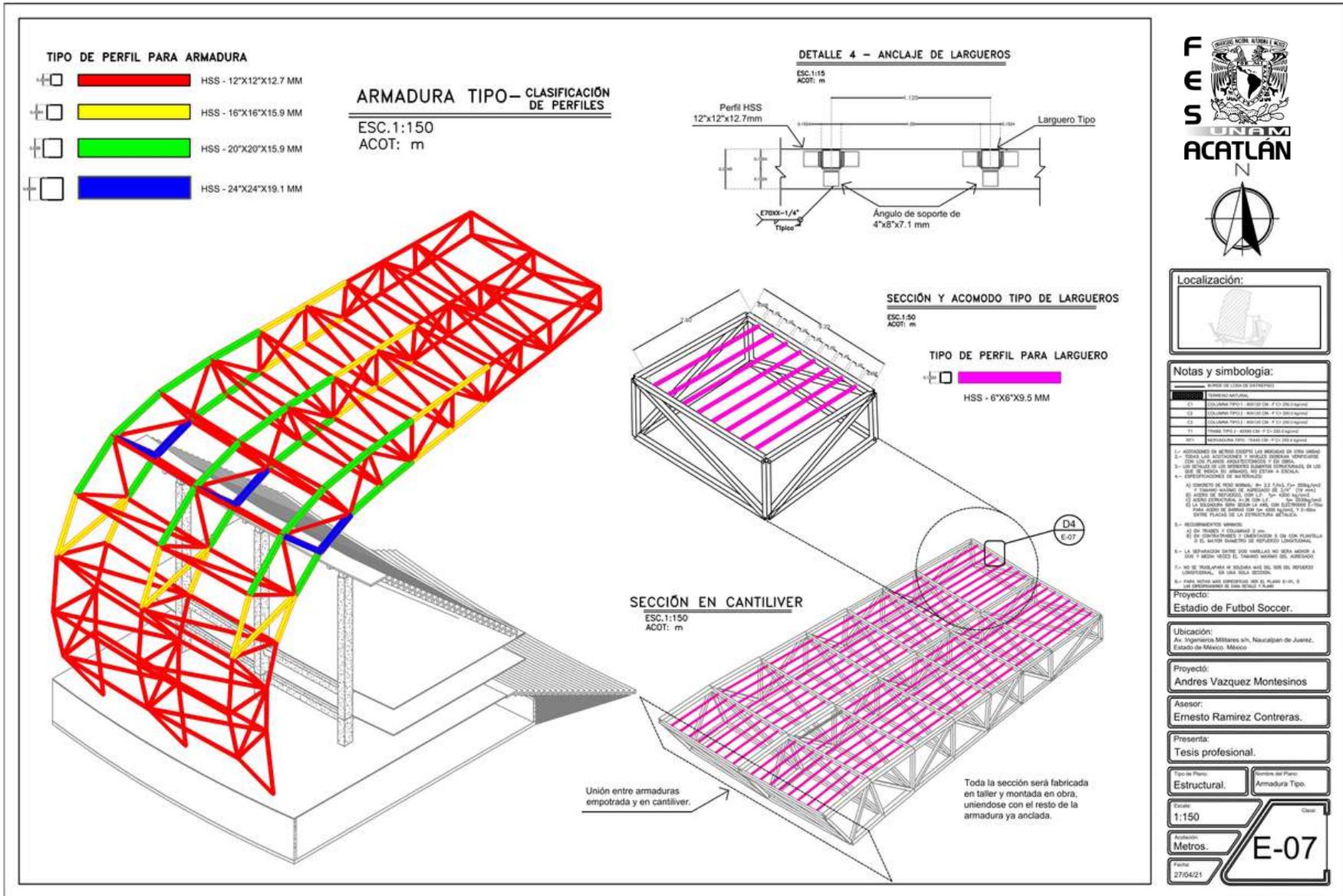
Presenta: Tesis profesional.

Tip de Plano: Estructural. Nombre del Plano: Marco Tipo.

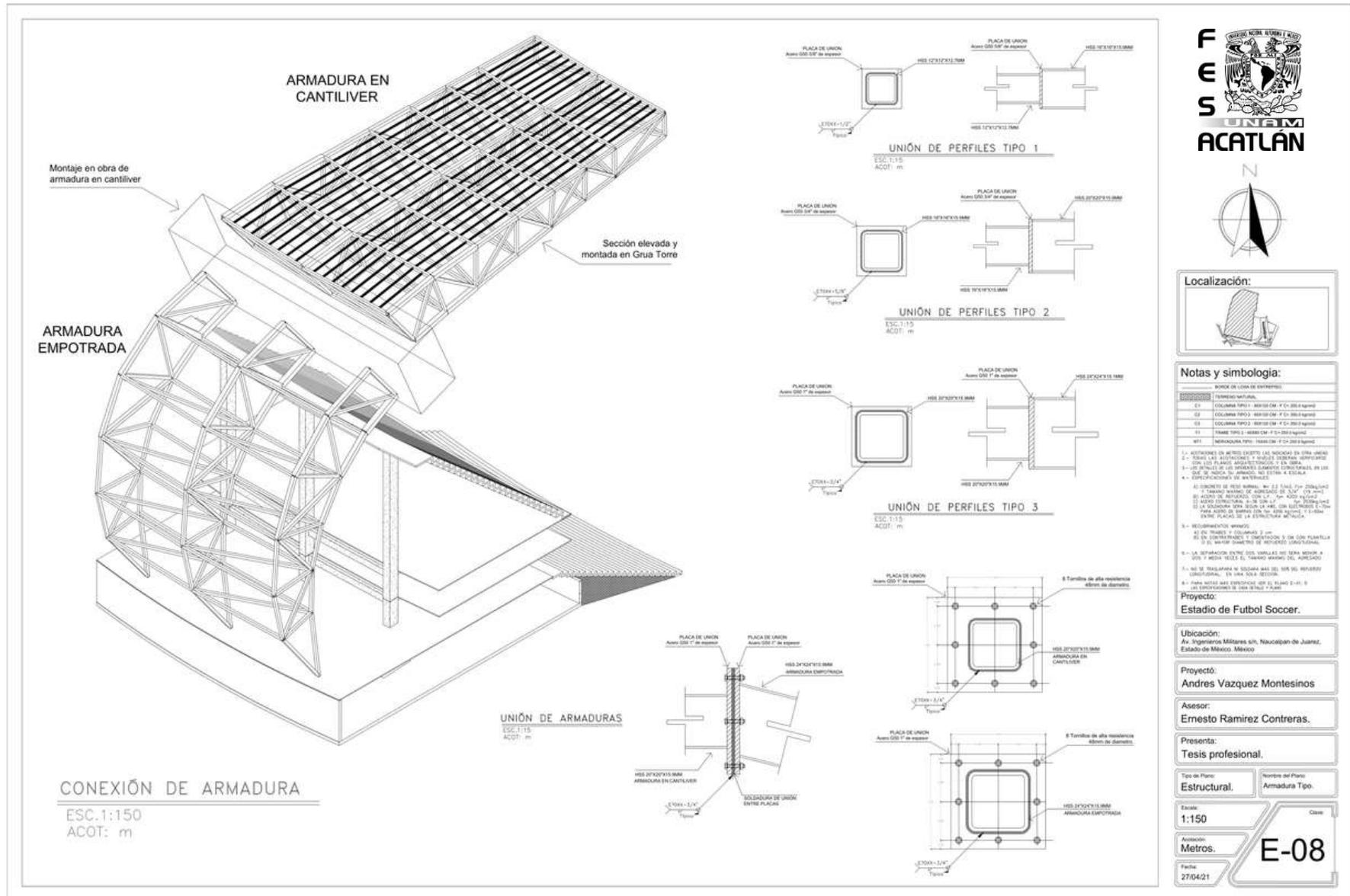
Escala: 1:150. Clase: E-06

Acotación: Metros. Fecha: 27/04/21

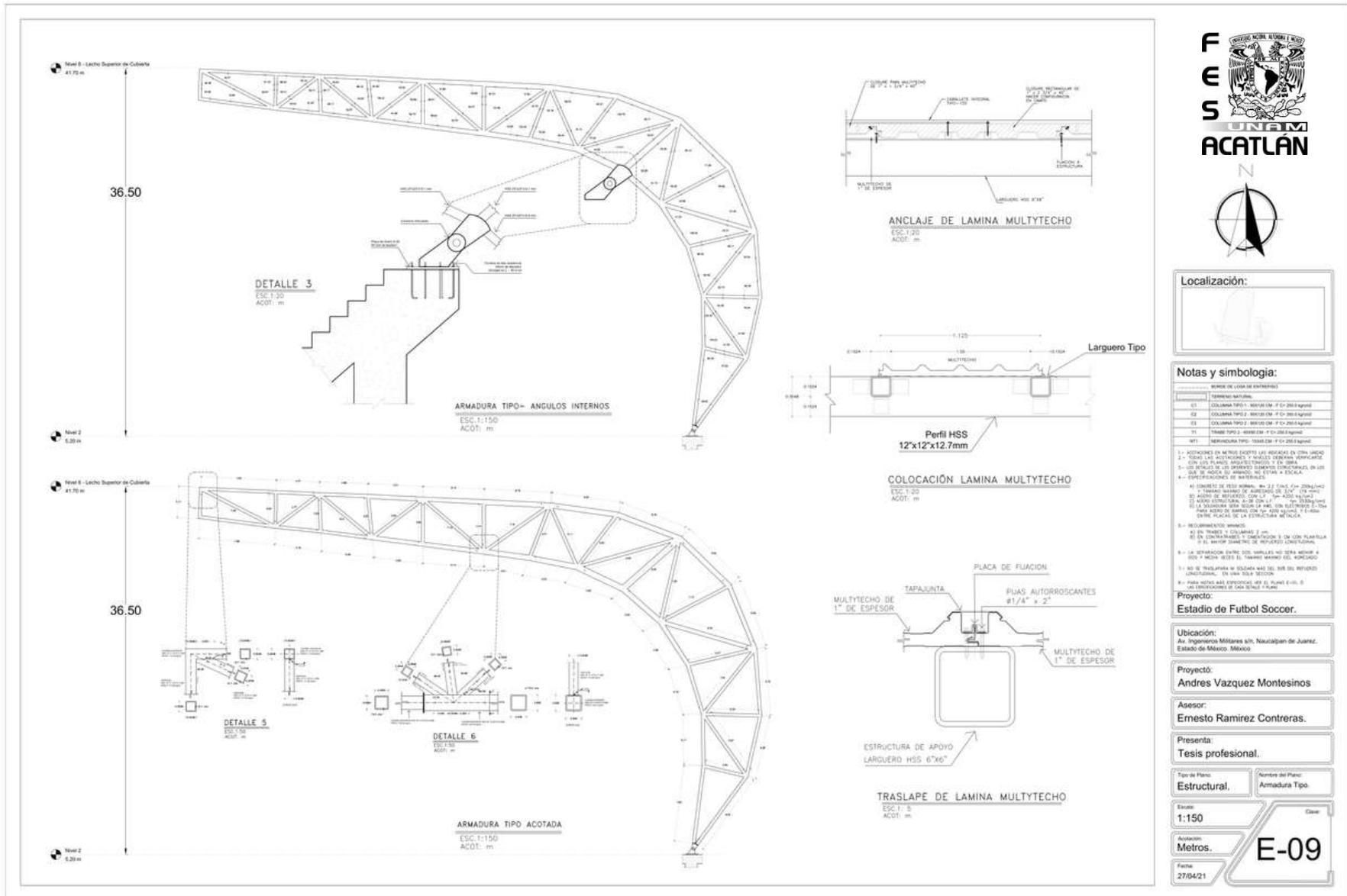
7.- Planos del proyecto estructural.



7.- Planos del proyecto estructural.



7.- Planos del proyecto estructural.



Localización:



Notas y simbología:

LEGENDA DE SIMBOLOGIA	
Tipos de BARRAS:	
E1	COLUMNA TIPO 1 - BARRAS DE 70x200x3mm
E2	COLUMNA TIPO 2 - BARRAS DE 70x200x3mm
E3	COLUMNA TIPO 3 - BARRAS DE 70x200x3mm
E4	BARRAS TIPO 4 - BARRAS DE 70x200x3mm
E5	BARRAS TIPO 5 - BARRAS DE 70x200x3mm
E6	BARRAS TIPO 6 - BARRAS DE 70x200x3mm
E7	BARRAS TIPO 7 - BARRAS DE 70x200x3mm
E8	BARRAS TIPO 8 - BARRAS DE 70x200x3mm
E9	BARRAS TIPO 9 - BARRAS DE 70x200x3mm
E10	BARRAS TIPO 10 - BARRAS DE 70x200x3mm
E11	BARRAS TIPO 11 - BARRAS DE 70x200x3mm
E12	BARRAS TIPO 12 - BARRAS DE 70x200x3mm
E13	BARRAS TIPO 13 - BARRAS DE 70x200x3mm
E14	BARRAS TIPO 14 - BARRAS DE 70x200x3mm
E15	BARRAS TIPO 15 - BARRAS DE 70x200x3mm
E16	BARRAS TIPO 16 - BARRAS DE 70x200x3mm
E17	BARRAS TIPO 17 - BARRAS DE 70x200x3mm
E18	BARRAS TIPO 18 - BARRAS DE 70x200x3mm
E19	BARRAS TIPO 19 - BARRAS DE 70x200x3mm
E20	BARRAS TIPO 20 - BARRAS DE 70x200x3mm
E21	BARRAS TIPO 21 - BARRAS DE 70x200x3mm
E22	BARRAS TIPO 22 - BARRAS DE 70x200x3mm
E23	BARRAS TIPO 23 - BARRAS DE 70x200x3mm
E24	BARRAS TIPO 24 - BARRAS DE 70x200x3mm
E25	BARRAS TIPO 25 - BARRAS DE 70x200x3mm
E26	BARRAS TIPO 26 - BARRAS DE 70x200x3mm
E27	BARRAS TIPO 27 - BARRAS DE 70x200x3mm
E28	BARRAS TIPO 28 - BARRAS DE 70x200x3mm
E29	BARRAS TIPO 29 - BARRAS DE 70x200x3mm
E30	BARRAS TIPO 30 - BARRAS DE 70x200x3mm
E31	BARRAS TIPO 31 - BARRAS DE 70x200x3mm
E32	BARRAS TIPO 32 - BARRAS DE 70x200x3mm
E33	BARRAS TIPO 33 - BARRAS DE 70x200x3mm
E34	BARRAS TIPO 34 - BARRAS DE 70x200x3mm
E35	BARRAS TIPO 35 - BARRAS DE 70x200x3mm
E36	BARRAS TIPO 36 - BARRAS DE 70x200x3mm
E37	BARRAS TIPO 37 - BARRAS DE 70x200x3mm
E38	BARRAS TIPO 38 - BARRAS DE 70x200x3mm
E39	BARRAS TIPO 39 - BARRAS DE 70x200x3mm
E40	BARRAS TIPO 40 - BARRAS DE 70x200x3mm
E41	BARRAS TIPO 41 - BARRAS DE 70x200x3mm
E42	BARRAS TIPO 42 - BARRAS DE 70x200x3mm
E43	BARRAS TIPO 43 - BARRAS DE 70x200x3mm
E44	BARRAS TIPO 44 - BARRAS DE 70x200x3mm
E45	BARRAS TIPO 45 - BARRAS DE 70x200x3mm
E46	BARRAS TIPO 46 - BARRAS DE 70x200x3mm
E47	BARRAS TIPO 47 - BARRAS DE 70x200x3mm
E48	BARRAS TIPO 48 - BARRAS DE 70x200x3mm
E49	BARRAS TIPO 49 - BARRAS DE 70x200x3mm
E50	BARRAS TIPO 50 - BARRAS DE 70x200x3mm

Proyecto: Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación: Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez, Estado de México, México

Proyecto: Andres Vazquez Montesinos

Asesor: Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta: Tesis profesional.

Tipo de Plano: Estructural. Nombre de Plano: Armadura Tipo.

Escala: 1:150.

Acotación: Metros.

Fecha: 27/04/21

E-09

8.- PLANOS DEL PROYECTO DE INSTALACIONES.



8.1.1.- Memoria Hidráulica.

El proyecto se encuentra en los límites del municipio con la Ciudad de México, con un acceso principal en la avenida Ingenieros Militares, sobre la misma se encuentran dos tomas domiciliarias dentro del terreno.

Se propone un sistema por hidroneumáticos para abastecer a los palcos, servicios para los espectadores (sanitarios, locales comerciales y zona de restaurantes) así como los servicios para los jugadores, árbitros, recoge balones y cuerpos técnicos (sanitarios, regaderas, comedores, etc.) El riego del campo deportivo y abastecimiento de algunos servicios será suministrada por el sistema de captación pluvial, mientras que las áreas verdes exteriores del conjunto serán regadas con agua tratada.

La tubería a utilizar será polietileno de alta densidad para diámetros mayores a 2 pulgadas y tubería de cobre para todos los diámetros menores a 2 pulgadas.

8.1.2.- Cálculo Hidráulico.

El cálculo se enfocará en las necesidades de todo el estadio para realizar el planteamiento general de todo el proyecto, de acuerdo a lo señalado en el Reglamento de Construcción de la CDMX, la dotación necesaria y desglosada para el proyecto corresponde a la siguiente tabla.

Tabla 8.1.- Dotación de Agua Potable				
Local	Dotación diaria (Lts)	No. de servicios	Dotación diaria de Agua (Lts)	Dotación x 3 días (Lts)
Espectadores	10.0 l	45,000	450,000.0	450,000.0***
Oficina	50.0 l	25.0	1,250.0	3,750.0
Restaurante	12.0 l	900.0	10,800.0	10,800.0***
Cancha	5.0 l	9000.0	45,000.0	45,000.0***
Jugadores, Árbitros y cuerpo técnico.	300.0 l	65.0	19,500.0	58,500.0
			Total =	568,050.0 lts

Las dotaciones marcadas con "***" no se multiplican por 3 días de dotación al no ser actividades diarias.

8.1.2.1- Cálculo de cisternas.

De acuerdo al tamaño y necesidades del proyecto, se plantean 4 núcleos de abastecimiento de servicios, por lo que se contarán con 4 cisternas de agua potable, dividiendo la dotación total entre las mismas.

Dotación por cisterna = $570,000 \text{ lts} / 4 = 142,500 \text{ lts}$ por cisterna

Dimensionamiento de la cisterna de agua potable tipo

Volumen necesario de agua potable = 142.5 m^3

Alto = 2.80 m (más 0.30 m para la cámara de aire que no se incluye en el volumen de agua)

Ancho = 5.20 m

Largo = 10.0 m

Volumen final de cisterna = $2.80 \times 5.20 \times 10.0 = 145.60 \text{ m}^3$, cumple con la demanda necesaria.

8.1.2.2- Cálculo de cisterna contra incendio.

De acuerdo al Reglamento de Construcción de la CDMX, la dotación necesaria para sistemas contra incendio es de 5.0 lts por metro cuadrado de construcción, siguiendo el mismo esquema que las cisternas de agua potable, se contarán con 4 elementos repartidos en el proyecto para asegurar una rápida y eficiente distribución del agua para apagar los incendios.

Dotación total = $5.0 \text{ lts} \times 43,696.0 \text{ m}^2$

Dotación por cisterna = $218,480 \text{ lts} / 4 = 54,620 \text{ lts}$ por cisterna

Dimensionamiento de la cisterna de agua potable tipo

Volumen necesario de agua potable = 54.62 m^3

Alto = 2.80 m (más 0.30 m para la cámara de aire que no se incluye en el volumen de agua)

Ancho = 3.80 m

Largo = 5.20 m

Volumen final de cisterna = $2.80 \times 3.80 \times 5.20 = 55.34 \text{ m}^3$, cumple con la demanda necesaria.

Los diámetros de las tuberías de un hidrantes serán de 50 mm, a dos hidrantes de 64 mm y con tres hidrantes a 75 mm

Cálculo del gasto medio diario:

$Q_m = 526,550 / 86400 \text{ seg}$

$Q_m = 6.09 \text{ lts} / \text{seg}$

Cálculo del gasto máximo diario:

$$Q_{md} = 1.2 (Q_m)$$

$$Q_{md} = 1.2 (6.09 \text{ lts / seg})$$

$$\mathbf{Q_{md} = 7.31 \text{ lts / seg}}$$

Cálculo del gasto máximo horario:

$$Q_{mh} = 1.5 (Q_m)$$

$$Q_{mh} = 1.5 (7.31 \text{ lts / seg})$$

$$\mathbf{Q_{mh} = 10.97 \text{ lts / seg}}$$

Selección de diámetro de tuberías hidráulicas:

El cálculo para la determinación de los diámetros de las tuberías se realizó mediante el método de Hunter, para ello utilizaremos la siguiente tabla para la determinación de las unidades mueble, proponiendo un sistema hidroneumático para abastecer los muebles, por lo tanto son necesarios la colocación de fluxómetros ubicados en la tabla 8.2.

Para realizar el cálculo mediante el método de Hunter es necesario calcular todas las unidades muebles por núcleo, recordemos que tenemos 4 núcleos tipo en el proyecto, por lo que resolviendo el núcleo tipo se cubrirán los alcances de este trabajo

La distribución de hidroneumáticos por núcleo estará dividido de la siguiente manera:

- Un hidroneumático para el nivel del sótano (N.P.T. 0.00), correspondiéndole el abastecimiento de 170 unidades muebles.
- Un hidroneumático para el nivel 1 - Acceso a gradas inferiores (N.P.T. 5.20), correspondiéndole un abastecimiento de 296 unidades muebles.
- Un hidroneumático para el nivel 2 - Acceso a palcos (N.P.T. 8.40), correspondiéndole un abastecimiento de 222 unidades muebles.
- Un hidroneumático para el nivel 3 - Acceso a gradas superiores (N.P.T. 11.60), correspondiéndole un abastecimiento de 296 unidades muebles.

Las tuberías de ramaleos y columnas se calcularán con la siguiente expresión:

$$d = \sqrt{(4000)(\emptyset) / \pi(v)}$$

Donde:

d = diametro

\emptyset = Gasto en litros

v = velocidad del agua (1.5 lts / seg)

Así mismo, se calculará únicamente un hidroneumático con mayor demanda (Nivel 3) y los demás se repetirán.

Cálculo de diámetro de tuberías hidráulicas del Sotano - N.P.T. 0.00:

Tabla 8.3.-Unidades Mueble del Sotano N.P.T. 0.00			
Mueble	Unidades Mueble	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	3.0	18.0	54.0
Llaves de jardin	2.0	4.0	8.0
Regaderas	2.0	17.0	34.0
Lavamanos	2.0	16.0	36.0
Tinas de hidromasaje	4.0	8.0	32.0
Tarjas	2.0	3.0	6.0
		Total	170.0

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$d = \sqrt[4]{(4000)(\varnothing) / 3.1416(1.5 \text{ lts/seg})}$$

d= 64.0 mm ó 2.5 pulgadas para la tubería de alimentación principal.

Propuesta de Diametros para muebles:

W.C. con fluxómetro: 1" ó 25 mm

Llave de jardin: 3/4" ó 19mm

Regaderas: 1/2" ó 13 mm

Lavamanos: 1/2" ó 13 mm

Tinas de hidromasaje: 3/4" ó 19 mm

Tarjas: 1/2" ó 13 mm

Cálculo de diámetro de tuberías hidráulicas del Nivel 1 - N.P.T. +5.20:

Tabla 8.3.-Unidades Mueble del Nivel 1 N.P.T. +5.20			
Mueble	Unidades Mueble	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	3.0	48.0	144.0
Llaves de jardin	2.0	0.0	0.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	2.0	64.0	128.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	12.0	24.0
		Total	296.0

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$d = \sqrt[4]{(4000)(\varnothing) / 3.1416(1.5 \text{ lts/seg})}$$

d= 64.0 mm ó 2.5 pulgadas para la tubería de alimentación principal.

Propuesta de Diametros para muebles:

W.C. con fluxómetro: 1" ó 25 mm

Llave de jardin: 3/4" ó 19mm

Regaderas: 1/2" ó 13 mm

Lavamanos: 1/2" ó 13 mm

Tinas de hidromasaje: 3/4" ó 19 mm

Tarjas: 1/2" ó 13 mm

Cálculo de diámetro de tuberías hidráulicas del Nivel 2 - N.P.T. +8.40:

Mueble	Unidades Mueble	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	3.0	32.0	96.0
Llaves de jardin	2.0	0.0	8.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	2.0	32.0	64.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	28.0	54.0
		Total	222.0

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$d = \sqrt[4]{(4000)(\emptyset) / 3.1416(1.5 \text{ lts/seg})}$$

d= 64.0 mm ó 2.5 pulgadas para la tubería de alimentación principal.

Propuesta de Diametros para muebles:

W.C. con fluxómetro: 1" ó 25 mm

Llave de jardin: 3/4" ó 19mm

Regaderas: 1/2" ó 13 mm

Lavamanos: 1/2" ó 13 mm

Tinas de hidromasaje: 3/4" ó 19 mm

Tarjas: 1/2" ó 13 mm

Cálculo de diámetro de tuberías hidráulicas del Nivel 3 - N.P.T. +11.60:

Mueble	Unidades Mueble	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	3.0	48.0	144.0
Llaves de jardin	2.0	0.0	0.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	2.0	64.0	128.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	12.0	24.0
		Total	296.0

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$d = \sqrt[4]{(4000)(\emptyset) / 3.1416(1.5 \text{ lts/seg})}$$

d= 64.0 mm ó 2.5 pulgadas para la tubería de alimentación principal.

Propuesta de Diametros para muebles:

W.C. con fluxómetro: 1" ó 25 mm

Llave de jardin: 3/4" ó 19mm

Regaderas: 1/2" ó 13 mm

Lavamanos: 1/2" ó 13 mm

Tinas de hidromasaje: 3/4" ó 19 mm

Tarjas: 1/2" ó 13 mm

Cálculo de hidroneumático:

De acuerdo al proyecto, el hidroneumático con mayor demanda es el del nivel 3, con 296 unidades muebles a una altura de 11.60 metros sobre el nivel en el que se encuentra el mismo.

Cálculo del gasto medio horario:

$$Q_m = 6.94 \text{ lts / seg} \times 60 \text{ seg} = 416.4 \text{ lts / hr}$$

De acuerdo a las especificaciones del distribuidor de equipos hidroneumáticos, para flujos mayores a 400 lpm se recomienda un sistema de 15.0 Hp, por lo que se propondrá el equipo PRESIÓN CTTE.3x7.5HP Industrial de la marca Evans de 3 bombas de 7.5 HP, considerando que dos bombas satisfacen la demanda necesaria, dejando una bomba extra en caso de mantenimiento y reparación de las demás. Es importante considerar que de acuerdo a la distribución de las tuberías se proponen 4 hidroneumáticos por cada nucleo, teniendo un total de 16 hidroneumáticos con 3 bombas cada uno en todo el proyecto.



Imagen del hidroneumático tipo.



Imagen de tablero de control tipo.

8.1.2.3- Cálculo de toma domiciliaria.

Dotación diaria = 526,550lts

Coefficiente de variación diaria = 1.2

Coefficiente de demanda máxima de horario kh= 1.5

Gasto máximo diario = 7.31 lts / seg.

Gasto máximo horario = 10.97 lts / seg. = 0.01097 m³/seg

Ø Diámetro = $\sqrt{(4)(.01097\text{m}^3/\text{s}) / 3.1416(1\text{ m/s})} = .0667 \approx 67\text{ mm.}$

Ø Diámetro comercial = 75 mm (3")

8.1.3.- Sistema de captación pluvial.

El sistema de captación pluvial, por las características de este proyecto, es de suma importancia debido a que tiene una gran capacidad de captación, misma que será tratada y utilizada para el riego del campo, riego de áreas verdes y w.c. del área de espectadores. Reduciendo de esta manera el consumo de agua potable y disminuyendo su impacto ambiental.

El municipio de Naucalpan de Juárez presenta una precipitación pluvial de 850mm a 900 mm promedio anual, utilizando un escurrimiento de 0.85 por la tipología de la edificación.

Las tuberías de captación pluvial se instalarán en la cubierta, que debido a su geometría conduce de manera natural y por gravedad hasta la cisterna de captación pluvial y de ahí por medio de bombas e hidroneumáticos aprovecharlas en los usos ya especificados. En caso de que el sistema de captación pluvial quede sobrepasado por los niveles de precipitación, el excedente será dirigido a pozos de absorción distribuidos en el proyecto para alimentar y conservar los mantos acuíferos existentes.

Cálculo del sistema de captación pluvial utilizando el método racional americano bajo la siguiente formula:

Ø pluvial=2.778 (C) (I) (A)

Donde:

Ø pluvial=gasto pluvial L/s

C=coeficiente escurrimiento

I= Intensidad de lluvia promedio (mm/hora)

A = Área de captación en hectáreas

Gasto total de captación dentro de la cubierta según el Método Racional Americano.

\emptyset pluvial = $2.778 (0.85) (40.8) (0.0438) = (4.22 \text{ l/s}) / 1000 = 0.00422 \text{ m}^3/\text{s}$ por bajada

\emptyset pluvial = $0.00422 \times 3600 \text{ seg} = 15.19 \text{ m}^3$ por bajada, debido a que en el proyecto se encuentran 60 bajadas pluviales:

$60 \times 15.19 \text{ m}^3 = 911.40 \text{ m}^3$, también se consideran 4 núcleos de almacenamiento y distribución, por lo que se propondrán 4 cisternas.

$911.40 \text{ m}^3 / 4.0 \text{ cisternas} = 228.0 \text{ m}^3$ por cisterna

Propuesta de cisternas de almacenamiento de agua pluvial: 4 Cisternas de 10.0 m largo x 8.50 m ancho x 2.70 m + 0.30 m (Cámara de aire)

Criterio de diámetro de bajada pluvial

Area por bajada = 427.0 m^2

$2\emptyset'' \times 2 = 4 = 40\text{m}^2$

$4\emptyset'' \times 4 = 16 = 160\text{m}^2$

$6\emptyset'' \times 6 = 36 = 360\text{m}^2$

$8\emptyset'' \times 8 = 64 = 640\text{m}^2$

Debido a que el área de captación es mayor a 360.0 metros cuadrados, no podemos utilizar el diámetro de 6 pulgadas, por lo que se ocupará un diámetro de 8 pulgadas para todas las bajadas pluviales de la cubierta del estadio.

Método de filtración de aguas pluviales.

Se propondrá un sistema de modular tipo de filtros de flujo ascendente, de acuerdo a las características y necesidades del proyecto se propondrá el Filtro Optimax-Pro XL interno conexión DN150 de la marca GRAF ya que por su diseño ofrece una filtración eficiente y gran aprovechamiento de agua, capaz de filtrar superficies de hasta 750.0 m² y una capacidad de 16.0 m³.



Imagen del filtro tipo de aguas pluviales.

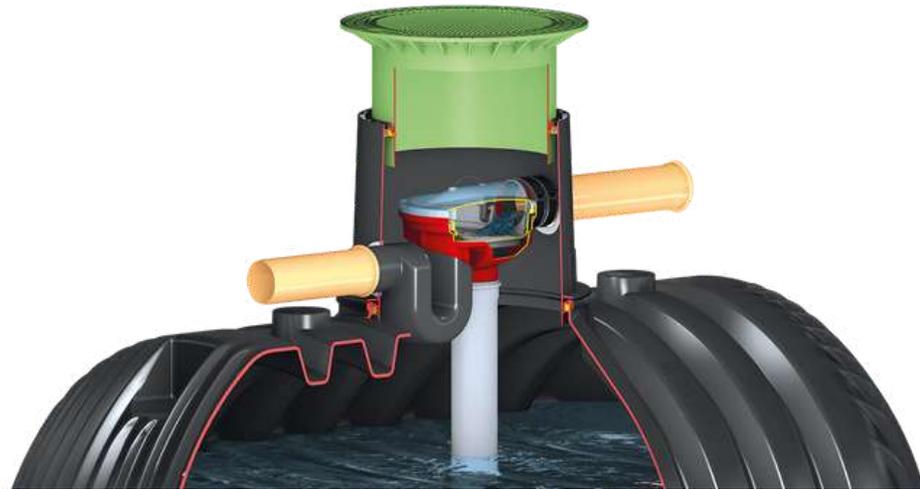


Imagen tipo de instalación del filtro de agua pluviales.

Cálculo de diámetro de tuberías sanitarias del Sotano - N.P.T. 0.00:

Tabla 8.3.-Unidades de Descarga del Sotano N.P.T. 0.00			
Mueble	Unidades de Descarga	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	4.0	18.0	72.0
Coladeras de piso	2.0	10.0	20.0
Regaderas	3.0	17.0	51.0
Lavamanos	1.0	16.0	16.0
Tinas de hidromasaje	4.0	8.0	32.0
Tarjas	2.0	3.0	6.0
		Total	197.0

Debido a que las unidades de descarga se encuentran entre 80 y 600 se utilizará una tubería de 102 mm
 $d= 102.0$ mm ó 4 pulgadas para la tubería de desagüe principal.

Propuesta de diámetros sanitarios para muebles:

W.C. con fluxómetro: 4" ó 102 mm

Coladeras de piso: 4" ó 102 mm

Regaderas: 2" ó 50 mm

Lavamanos: 2" ó 50 mm

Tinas de hidromasaje: 2" ó 50 mm

Tarjas: 2" ó 50 mm

Cálculo de diámetro de tuberías sanitarias del Nivel 1 - N.P.T. +5.20:

Tabla 8.3.-Unidades de Descarga del Nivel 1 N.P.T. +5.20			
Mueble	Unidades de Descarga	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	4.0	48.0	192.0
Coladeras de piso	2.0	10.0	20.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	1.0	64.0	64.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	12.0	24.0
		Total	300.0

Debido a que las unidades de descarga se encuentran entre 80 y 600 se utilizará una tubería de 102 mm
 $d= 102.0$ mm ó 4 pulgadas para la tubería de desagüe principal.

Propuesta de diámetros sanitarios para muebles:

W.C. con fluxómetro: 4" ó 102 mm

Coladeras de piso: 4" ó 102 mm

Regaderas: 2" ó 50 mm

Lavamanos: 2" ó 50 mm

Tinas de hidromasaje: 2" ó 50 mm

Tarjas: 2" ó 50 mm

Cálculo de diámetro de tuberías sanitarias del Nivel 2 - N.P.T. +8.40:

Mueble	Unidades de Descarga	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	4.0	32.0	128.0
Coladeras de piso	2.0	32.0	64.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	1.0	32.0	32.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	28.0	54.0
		Total	278.0

Debido a que las unidades de descarga se encuentran entre 80 y 600 se utilizará una tubería de 102 mm
d= 102.0 mm ó 4 pulgadas para la tubería de desagüe principal.

Propuesta de diámetros sanitarios para muebles:

W.C. con fluxómetro: 4" ó 102 mm

Coladeras de piso: 4" ó 102 mm

Regaderas: 2" ó 50 mm

Lavamanos: 2" ó 50 mm

Tinas de hidromasaje: 2" ó 50 mm

Tarjas: 2" ó 50 mm

Cálculo de diámetro de tuberías hidráulicas del Nivel 3 - N.P.T. +11.60:

Mueble	Unidades de Descarga	Cantidad de Muebles	Total
W.C, con fluxómetro	4.0	48.0	192.0
Coladeras de piso	2.0	10.0	20.0
Regaderas	0.0	0.0	0.0
Lavamanos	1.0	64.0	64.0
Tinas de hidromasaje	0.0	0.0	0.0
Tarjas	2.0	12.0	24.0
		Total	300.0

Debido a que las unidades de descarga se encuentran entre 80 y 600 se utilizará una tubería de 102 mm
d= 102.0 mm ó 4 pulgadas para la tubería de desagüe principal.

Propuesta de diámetros sanitarios para muebles:

W.C. con fluxómetro: 4" ó 102 mm

Coladeras de piso: 4" ó 102 mm

Regaderas: 2" ó 50 mm

Lavamanos: 2" ó 50 mm

Tinas de hidromasaje: 2" ó 50 mm

Tarjas: 2" ó 50 mm

Cálculo del colector principal:

Unidades de descarga del sótano (N.P.T. 0.00) = 197.0

Unidades de descarga del nivel 1 (N.P.T. + 5.20) = 300.0

Unidades de descarga del nivel 2 (N.P.T. + 8.40) = 278.0

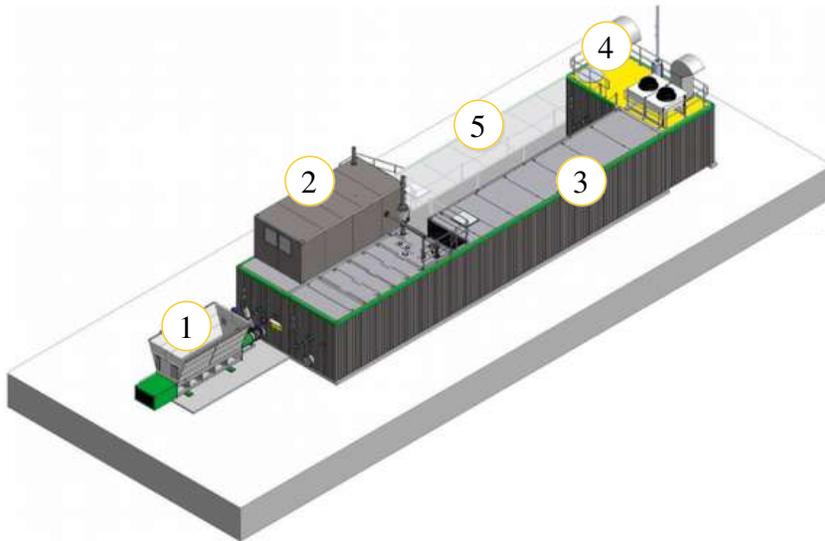
Unidades de descarga del nivel 3 (N.P.T. + 11.60) = 300.0

Unidades de descarga totales por nucleo = 1,075.0

Diámetro de la tubería del colector principal por nucleo: Se propondrá una tubería de 8 pulgadas ó 204 mm, misma que se conectará a plantas de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento en el riego y mantenimiento de jardines. Asi como suministrar agua para los w.c. del área de gradas.

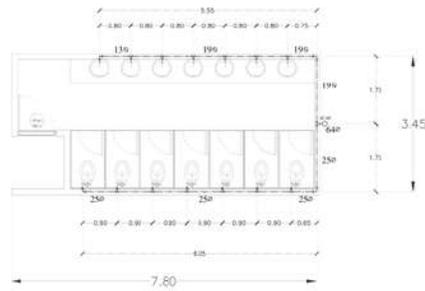
Manejo de residuos:

Aproximadamente, un estadio de esta capacidad genera 100 toneladas de basura al año, por lo que se propondrá un biodigestor para almacenar toda la basura orgánica generada por el estadio, misma que servirá para generar gas y energía, misma que se almacenará en las plantas de energía eléctrica de emergencia para el estadio. El modelo propuesto es capaz de generar 64Kw al año, al procesar 2,000 toneladas de residuos al año, por lo que esta planta también le dará servicio a las zonas circundantes del proyecto, por lo que generará impactos positivos en la zona. Los subproductos sólidos y líquidos se procesan posteriormente para crear abono y fertilizante, mismo que será utilizado para los jardines y vegetación.

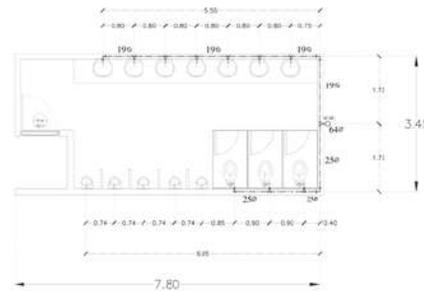


Biodigestor de residuos solidos urbanos de 2,000 toneladas/año

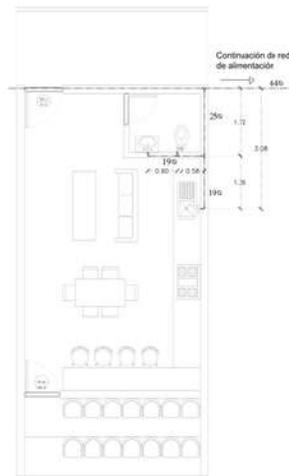
- 1.- Sistema de alimentación.
- 2.- Almacenamiento de gas.
- 3.- Digestor.
- 4.- Generador eléctrico.
- 5.- Extracción de solidos para composta.



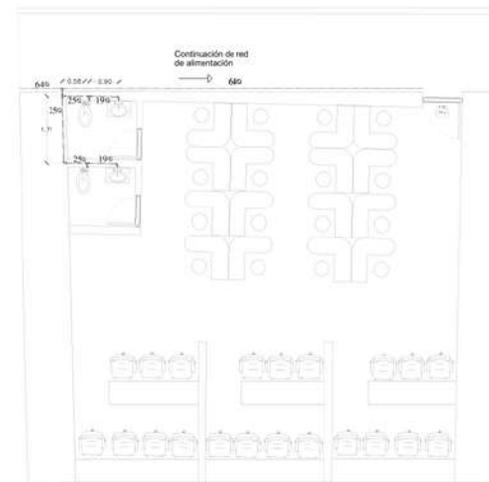
Modulo de Sanitarios Mujeres.
Escala 1:50 N.P.T. +5.20 y +11.60



Modulo de Sanitarios Hombres.
Escala 1:50 N.P.T. +5.20 y +11.60



Palco Tipo.
Escala 1:50 N.P.T.+8.40



Palco de Medios.
Escala 1:50 N.P.T. + 8.40



Localización:



Notas y simbología:

Simbolo	Descripción
---	Red de agua fría
---	Red de agua caliente
---	Red de drenaje
---	Red de gas
---	Red de electricidad
---	Red de telecomunicaciones
---	Red de ventilación
---	Red de calefacción
---	Red de refrigeración
---	Red de aire acondicionado
---	Red de protección contra incendios
---	Red de protección contra rayos
---	Red de protección contra explosiones
---	Red de protección contra contaminación acústica
---	Red de protección contra contaminación lumínica
---	Red de protección contra contaminación del suelo
---	Red de protección contra contaminación del agua
---	Red de protección contra contaminación del aire
---	Red de protección contra contaminación del ruido
---	Red de protección contra contaminación del clima
---	Red de protección contra contaminación del paisaje
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio cultural
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio natural
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio histórico
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio artístico
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio científico
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio tecnológico
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio industrial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio urbano
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio rural
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio marítimo
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio aéreo
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio espacial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio cultural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio natural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio histórico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio artístico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio científico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio tecnológico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio industrial inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio urbano inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio rural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio marítimo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio aéreo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio espacial inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio cultural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio natural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio histórico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio artístico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio científico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio tecnológico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio industrial inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio urbano inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio rural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio marítimo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio aéreo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio espacial inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio cultural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio natural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio histórico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio artístico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio científico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio tecnológico inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio industrial inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio urbano inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio rural inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio marítimo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio aéreo inmaterial
---	Red de protección contra contaminación del patrimonio espacial inmaterial

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez,
Estado de México, México

Proyectó:
Andrés Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

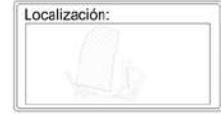
Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano:
Instalación Hidráulica. Nombre de Plano:
Módulos públicos.

Escala:
1:50. Clave:

Asesoración:
Meiros. **IH-01**

Fecha:
27/04/21



Notas y simbología:

SY	SISTEMA DE VENTILACIÓN
W.C.	W.C.
LBO	LAVABO
...	...

Proyecto: Estadio de Fútbol Soccer.

Ubicación: Av. Ingenieros Militares s/n, Naucalpan de Juárez, Estado de México - México

Proyecto: Andres Vazquez Montesinos

Asesor: Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta: Tesis profesional.

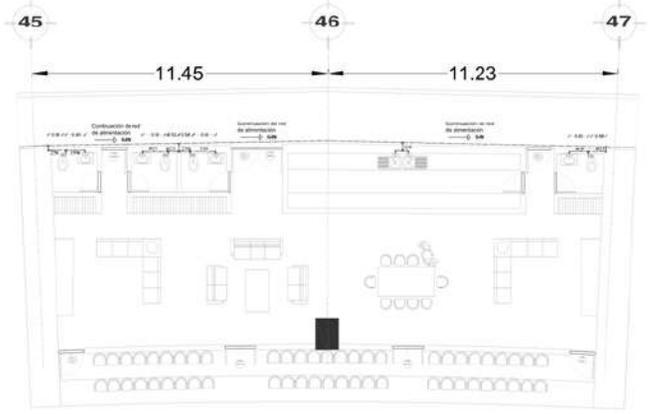
Tipo de Plano: Instalación Hidráulica

Estado: 1:75

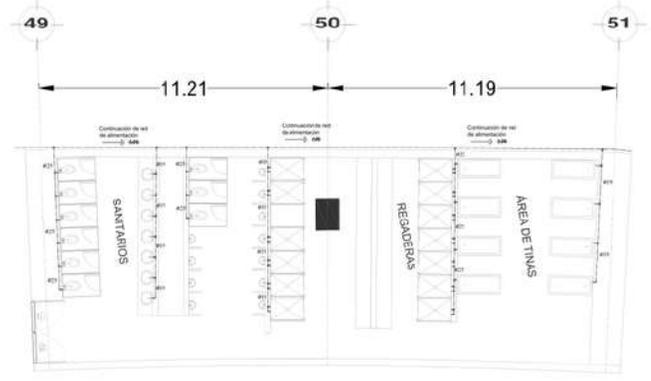
Acotación: Metros.

Fecha: 27/04/21

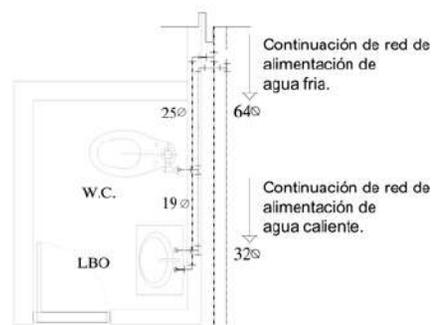
Clave: IH-02



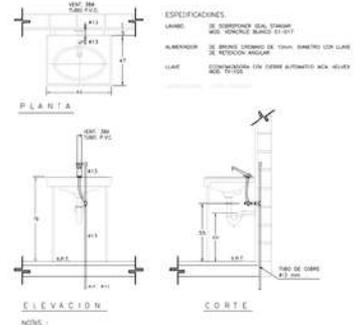
Palco Directivo.
Escala 1:75
N.P.T.+ 8.40



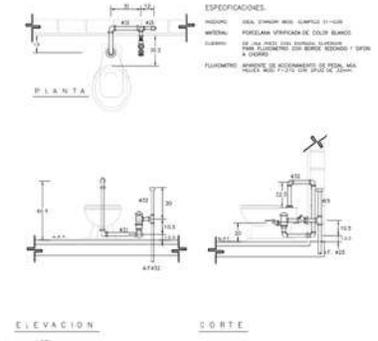
VESTIDORES TIPO JUGADORES.
Escala 1:75
N.P.T.+ 0.00



Detalle tipo de sanitario.
Escala 1:20



Detalle tipo de lavabo.
Escala S/E



Detalle tipo de W.C.
Escala S/E



Notas y simbología:

	INDICA DIÁMETRO DE TUBERÍA EN MM
	INDICA PENDIENTE Y DIRECCIÓN
	INDICA BANDEA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA CURVEDOR EN 90°
	INDICA CURVEDOR EN 45° CON REDUCCIÓN
	INDICA CODO DE 90° - INDICA ABISBA
	INDICA CODO DE 45°
	INDICA VESPA

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n, Naucapán de Juárez, Estado de México, México

Proyectó:
Andrés Vázquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramírez Contreras

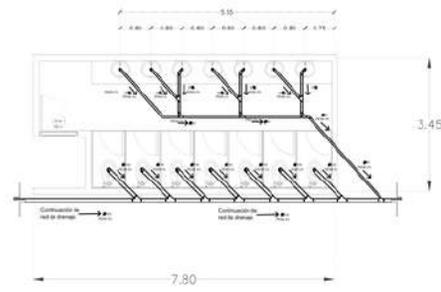
Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Instalación Sanitaria **Nombre del Plano:** Módulos públicos.

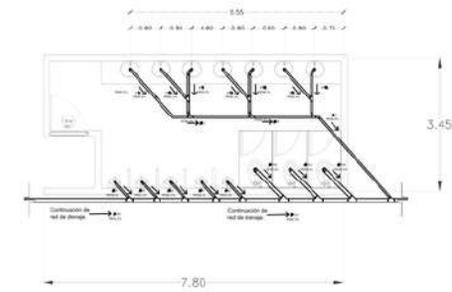
Escala: 1:50 **Cote:**

Anterior: Metros. **IS-01**

Fecha: 27/04/21



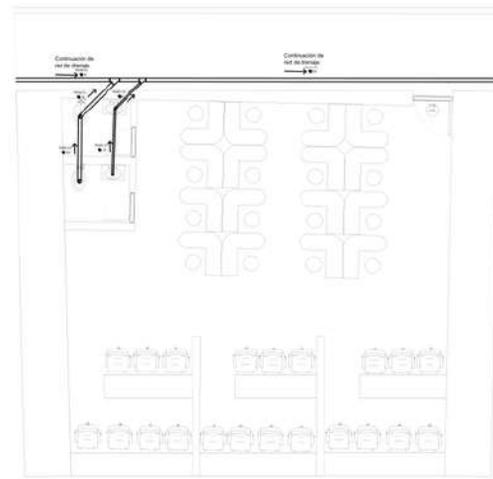
Modulo de Sanitarios Mujeres.
Escala 1:50 N.P.T. +5.20 y +11.60



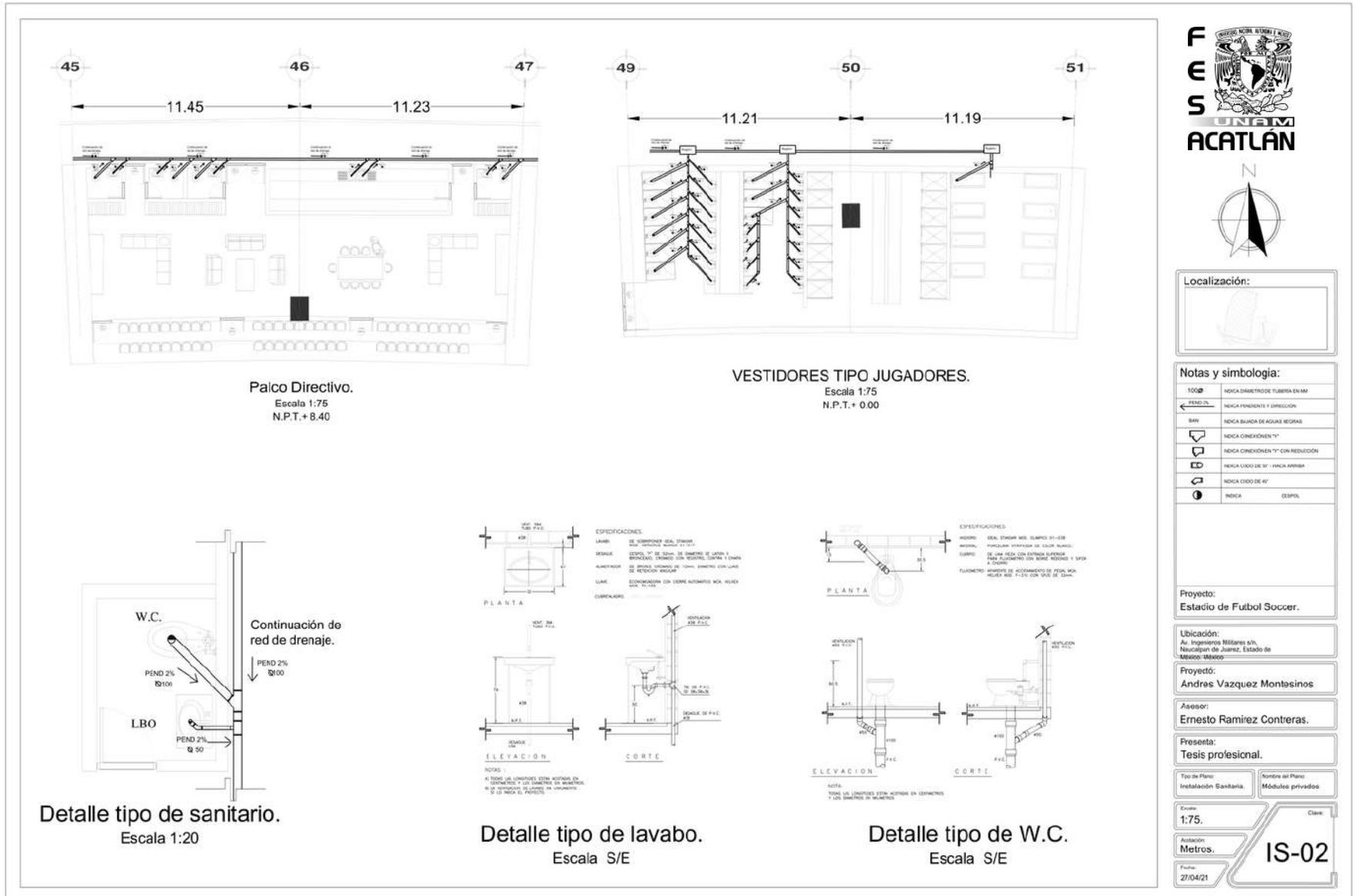
Modulo de Sanitarios Hombres.
Escala 1:50 N.P.T. +5.20 y +11.60

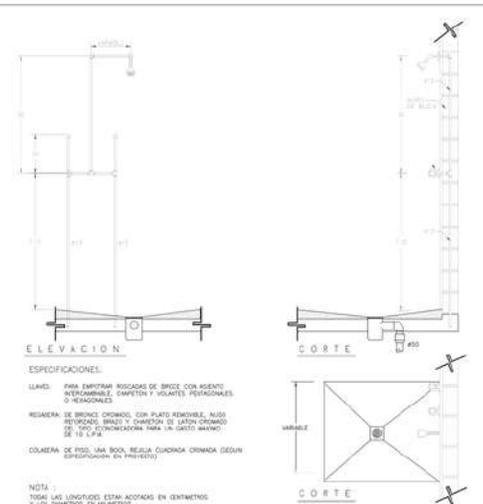


Palco Tipo.
Escala 1:50 N.P.T. +8.40

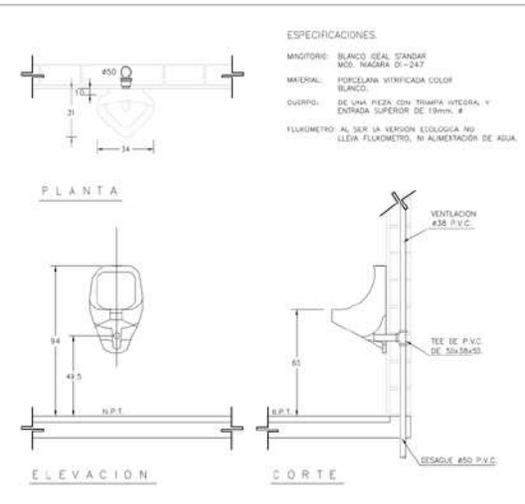


Palco de Medios.
Escala 1:50 N.P.T. + 8.40

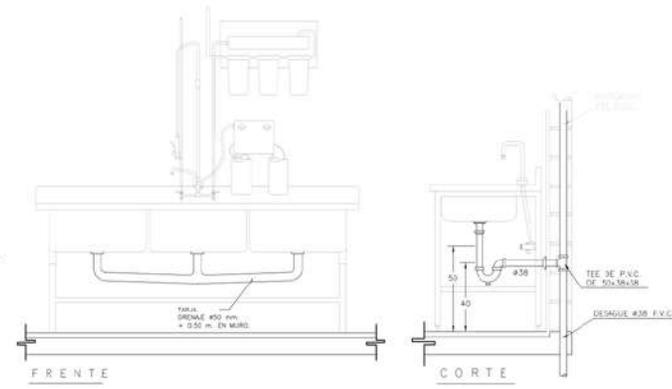




Detalle tipo de regadera
Escala S/E



Detalle de inodor
Escala S/E



Detalle de tarja con filtro y sanitizador
Escala S/E

ESPECIFICACIONES

MANGIFERO: BLANCO IDEAL STANDARD MOD. NAAGARA 01-247

MATERIAL: PORCELANA VITRIFICADA COLOR BLANCO

DURIPID: DE UNA PIEZA CON TRAMPA INTERIOR Y ENTRADA SUPERIOR DE 19mm. Ø

FLUJIMETRO: AL SER LA VERSIÓN ECOLÓGICA NO LLEVA FLUJIMETRO, NI ALIMENTACIÓN DE AGUA.

ESPECIFICACIONES

100mm INDICA DIÁMETRO DE TUBERÍA EN MM

← PENEZLA INDICA RENDIMIENTO Y DIRECCIÓN

BAN INDICA BARRERA DE AGUA NEGATIVA

□ INDICA CONEXIÓN EN "Y"

□ INDICA CONEXIÓN EN "Y" CON REDUCCIÓN

□ INDICA CODO DE 90° - VAGA ABIERTA

□ INDICA CODO DE 45°

● INDICA ESPEJO

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n. Huauclaman de Juárez, Estado de México, México

Proyectó:
Andrés Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Nombre del Plano: Detalles

Detalle: Instalación Sanitaria

Escala: 1:50

Acotación: Metros.

Fecha: 27/04/21

IS-03



Notas y simbología:

100mm	INDICA DIÁMETRO DE TUBERÍA EN MM
← PENEZLA	INDICA RENDIMIENTO Y DIRECCIÓN
BAN	INDICA BARRERA DE AGUA NEGATIVA
□	INDICA CONEXIÓN EN "Y"
□	INDICA CONEXIÓN EN "Y" CON REDUCCIÓN
□	INDICA CODO DE 90° - VAGA ABIERTA
□	INDICA CODO DE 45°
●	INDICA ESPEJO

Proyecto:
Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación:
Av. Ingenieros Militares s/n. Huauclaman de Juárez, Estado de México, México

Proyectó:
Andrés Vazquez Montesinos

Asesor:
Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta:
Tesis profesional.

Tipo de Plano: Nombre del Plano: Detalles

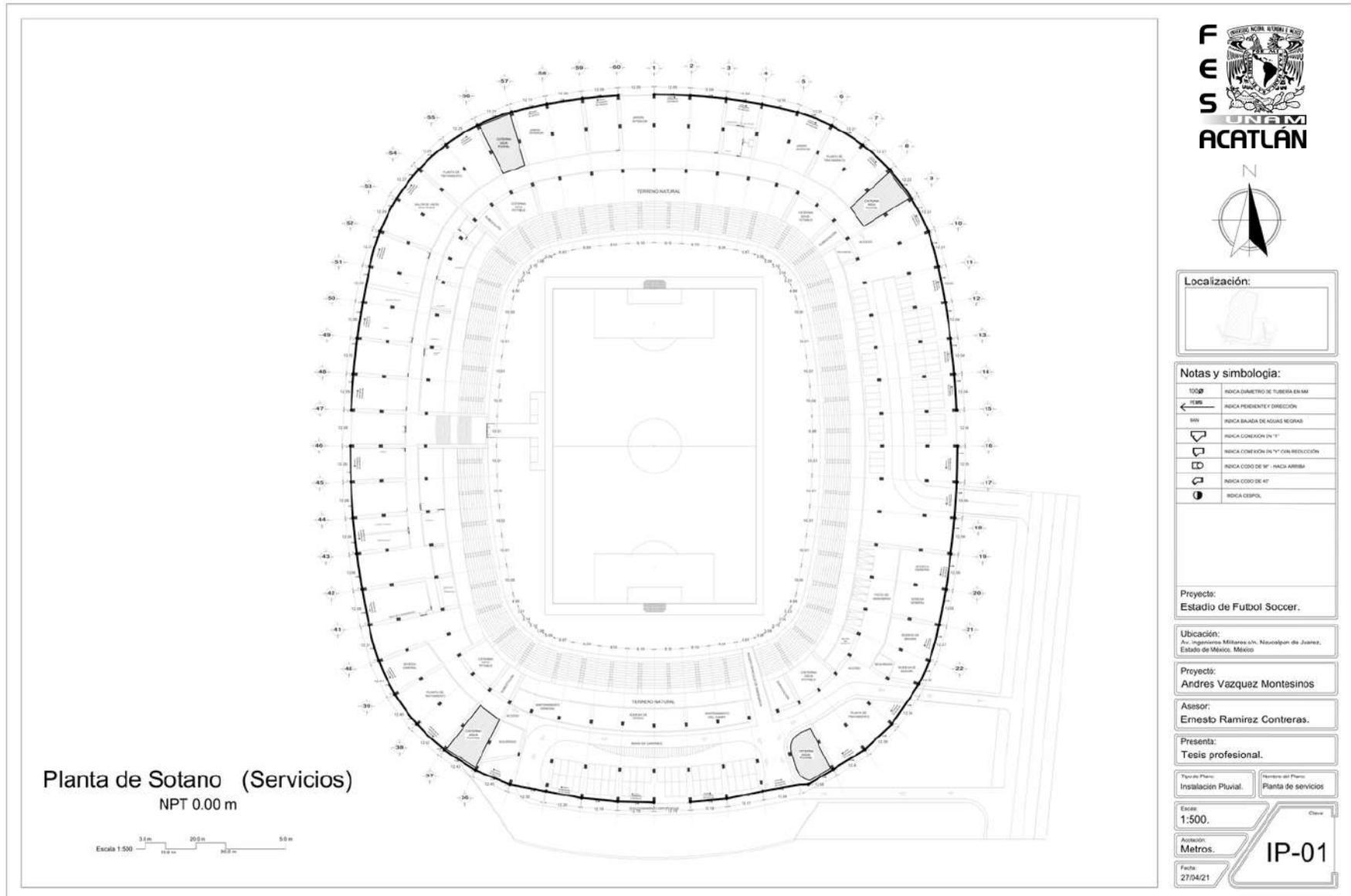
Detalle: Instalación Sanitaria

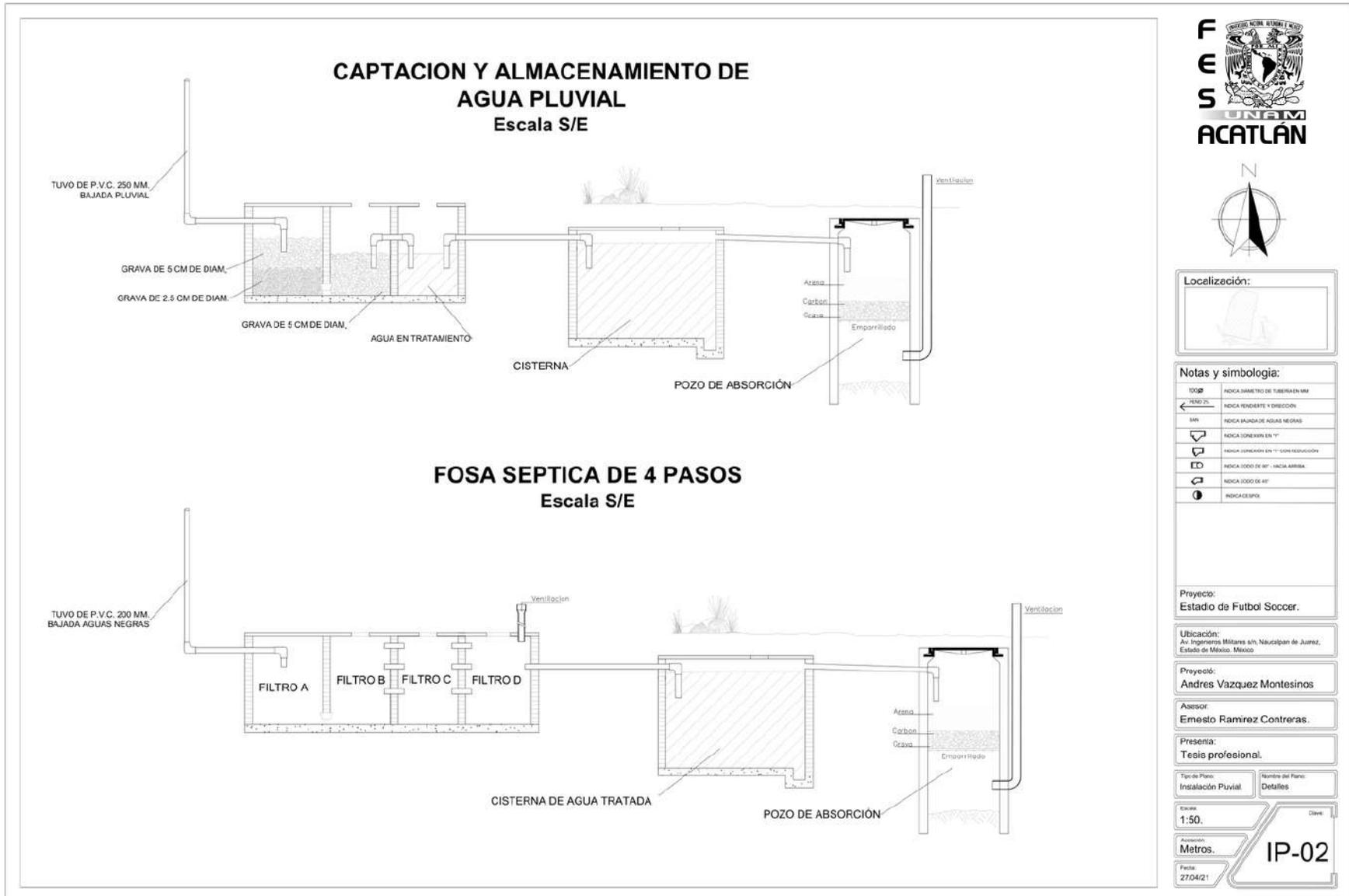
Escala: 1:50

Acotación: Metros.

Fecha: 27/04/21

IS-03





Cálculo de iluminación.

La acometida eléctrica del proyecto será por la Av. Ingenieros Militares, la electricidad será conducida hasta la subestación eléctrica del conjunto, mismo espacio servirá como cuarto de control, donde estarán los tableros de distribución para suministrar energía a todas las zonas del estadio. Se contará con una planta de emergencia de diésel la cual dará suministro de energía en caso de alguna pérdida de energía o siniestro. Para el cálculo de iluminación se tomaran los niveles mínimos de iluminación artificial que deben tener las edificaciones que se establece en la tabla de las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal.

Niveles de iluminación		
	Local	Luxes
Estadio de Futbol	Cancha	200.0
	Palcos	250.0
	Pasillos	75.0
	Sanitarios	100.0

Se ocuparan las siguientes fórmulas para determinar el número de luminarias.

Lumen de la zona total: $Q_t = (E * S) / (CU * FM)$

Donde

E: Iluminación media deseada en luxes.

S: Superficie a iluminar en metro cuadrados.

Cu: Factor de utilidad

Fm: Factor de mantenimiento

Numero de luminarias: $lumen\ de\ la\ zona / lumen\ de\ la\ luminaria = no.\ luminarias$

Propuesta de luminarias de la cancha.

Superficie = 14,240 m²

Luxes por m² = 200 lx

Factor de mantenimiento (CM) = 0.60

Factor de utilidad (CU) = 0.27

Lumen de la zona total: $(200 \times 14,240) / (0.60 \times 0.27)$

Numero de luminarias: $17,580,246.91 / 85,000 = 204.83 = 205\ luminarias.$

Se propondrá luminarias LUMASPORT 8 de 5700K de 680 watts, de 85,000 lúmenes.

Ephesus
LUMASPORT 8
 White LED Sports & Entertainment Luminaire

Typical Applications
 Pro Arenas • University & Collegiate Arenas • University & Collegiate Stadiums • Multi-Event & Convention Centers • Gymsnasiums & Field Houses

Product Certification
 UL, FC, IP66, AEMA, DLC

Top Product Features

- 55,000 or 90,000 lumen output options
- Glare and cutoff control via Hybrid Reflector and TIR Optical System
- Reduce install time with pre-aimable two-piece assembly
- Virtually eliminate maintenance with power redundancy
- Industry leading light source reliability with Chip-on-Board LEDs
- Greater than 92% lumen maintenance at 55,000 hours
- Wired DMX or Wireless AirMesh controls options to suit your needs

Propuesta de luminarias de pascos.

Superficie = 34.0 m²

Luxes por m² = 250 lx

Factor de mantenimiento (CM) = 0.80

Factor de utilidad (CU) = 0.40

Lumen de la zona total: (250 x 34) / (0.80 x 0.40)

Numero de luminarias: 26,562.50 / 3600 = 7.37 = 8.0 *luminarias*.

Se propondrá luminarias SlimBlen de 4000K de 33.5 watts.

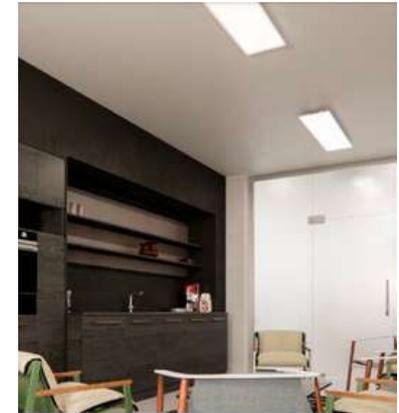
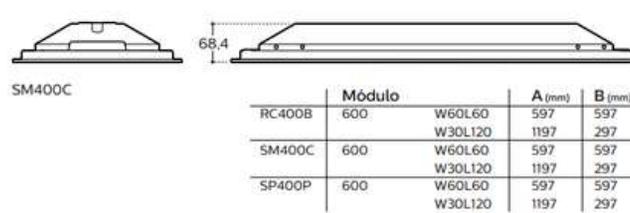
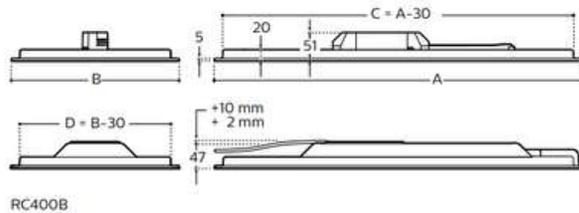


Imagen de referencia.



Familia	SlimBlend
Versiones	Empotrable (RC400B), suspendida (SP400P) y adosable (SM400C), en tamaño cuadrado y rectangular.
Material	Carcasa de acero y plástico y cierre acrílico microprismático patentado (MLO)
Flujo sistema de familia	2800, 3600 y 4200 lm. Suspendida directa/indirecta disponible en 5000 lm (3500 hacia abajo y 1500 lm hacia arriba)
Consumo sistema de familia	De 25 W a 50 W dependiendo de la versión
Eficacia del sistema de la familia	Hasta 120 lm/W
Temperatura de color	3000K y 4000K
Índice de reproducción cromática	80
Alimentación	220V-240V 50-60 Hz
Driver (Integrado)	Philips Xitanium
Posibilidad de regulación	SI. Versiones con regulación DALI (PSD), versiones sin regulación (PSU) y PoE (ver página 30)

Configuraciones de control disponibles	Sensor Actilume (ACL) y Actilume Wireless (SpaceWise, ver página 32) integrado en la luminaria y PoE (ver página 30)
Clase eléctrica	II
Color / Acabados	Blanco (RAL 9003)
IP	40 (empotrable), 20 (suspendida y adosable)
IK	2
Marcado CE	SI
Marcado ENEC	SI
Tasa de fallos del driver	1% en 5.000h
Vida útil	70.000h L70B50
Temperatura de funcionamiento	+10 a +40 °C
Peso	De 5,6 Kg a 7,4 Kg
Instalación (tipo de montaje)	Montaje empotrable en perfil visto (VPC), oculto simétrico (CPC) y escayola (PCV); suspendido (accesorio de suspensión incluido) y adosable
Familia Configurable	Disponible con emergencia, con conector Wieland - Configurator RC400Bi

Propuesta de luminarias de pasillos.

Superficie = 195.0 m2

Luxes por m2 = 75.0 lx

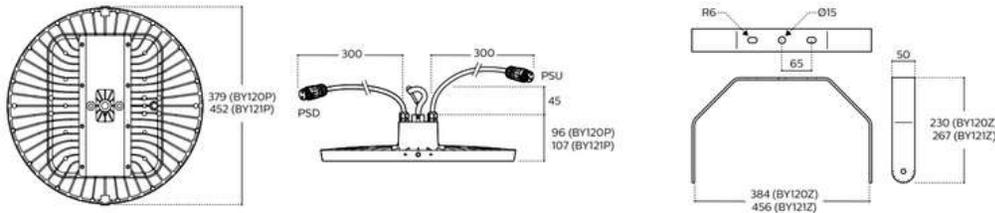
Factor de mantenimiento (CM) = 0.60

Factor de utilidad (CU) = 0.34

Lumen de la zona total: (75 x 195) / (0.60 x 0.34)

Numero de luminarias: 71,691.18 / 20,500 = 3.49 = 4.0 *luminarias.*

Se propondrá luminarias CoreLine Campana G3 de 4000K de 155 watts.



Familia	Philips Coreline Campana G3
Versiones	BY120P - versión pequeña BY121P - versión grande
Material	Carcasa en fundición de aluminio y cierre de policarbonato
Flujo sistema de familia	BY120P: 10.500lm BY121P: 20.500lm
Consumo sistema de familia	BY120P: 85W BY121P: 155W
Ópticas y difusores	Haz ancho WB (2 x 50°)
Eficacia del sistema de la familia	BY120P: 124 lm/W BY121P: 132 lm/W
Temperatura de color	4000K y 6500K
Índice de reproducción cromática	80
Alimentación	220V-240V
Driver (Integrado)	Philips Xitanium
Factor de Potencia	>0.95
Possibilidad de regulación	Si. Versiones con regulación DALI (PSD)

Configuraciones de control disponibles	DALI, sensor de movimiento integrado (PIR)
Clase eléctrica	I
Color / Acabados	Gris claro
IP	65
IK	07
Marcado CE	SI
Tasa de fallos del driver	Versiones PSD: 10% a las 100.000h Versiones PSU: 0,01% a las 1.000h
Vida útil	L70 50k hrs
Temperatura de funcionamiento	-30°C a 40°C
Peso	BY120P: 3,3 Kg BY121P: 4,8 Kg
Instalación (tipo de montaje)	Montaje suspendido: gancho de suspensión incluido Lira para montaje a techo (pedir como accesorio aparte)
Accesorios	Lira para montaje a techo: BY120Z G3 MB / BY120Z G3 MB
Información adicional	Más información adicional en las instrucciones de montaje: - Consumos para cada versión - Peso - Rango Tª funcionamiento - Máximo nº de luminarias por MCB



Imagen de referencia.

Propuesta de luminarias de sanitarios.

Superficie = 23.0 m²

Luxes por m² = 100 lx

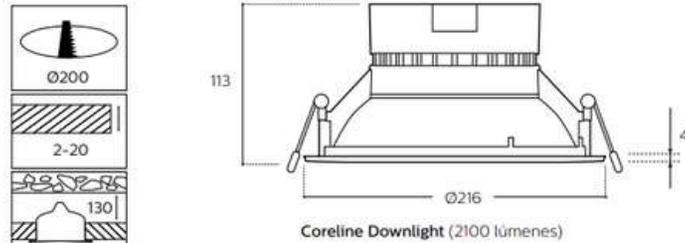
Factor de mantenimiento (CM) = 0.80

Factor de utilidad (CU) = 0.40

Lumen de la zona total: (100 x 23) / (0.80 x 0.40)

Numero de luminarias: 7,187.50 / 2,100 = 3.42 = 4.0 *luminarias.*

Se propondrá luminarias CoreLine Downlight de 4000K de 22 watts.



Familia	Philips Coreline Downlight DN130B – luminaria empotrable	UGR	- Reflector blanco: UGR25 - Reflector aluminio: UGR22
Versiones	Versión Mini DN130B (reflector blanco); DN131B (reflector aluminio) Versión Compact DN130B (reflector blanco); DN131B (reflector aluminio)	Possibilidad de regulación	Si DALI (PSED-E). Con funcionalidad Touch & DIM (regulación por pulsador)
Fuente de luz	Módulo LED PCB DLP3.0. No reemplazable.	Configuraciones de control disponibles	Iluminación conectada. Versión Interact Ready.
Material	Carcasa: plástico Reflector: plástico	Clase eléctrica	I
Flujo sistema de familia	LED105 - 1100lm LED205 - 2900lm	Color / Acabados	DN130B reflector blanco / arco blanco (RAL 9016) DN131B reflector de aluminio / arco blanco (RAL 9016)
Consumo sistema de familia	LED105 - 11W LED205 - 22W	IP	20 IP44 para aquellas versiones con frontal de cristal protector
Ópticas y difusores	Difusor acrílico esmerilado (ACL). Haz ancho: 120D (WB)	IK	Q2
Eficacia del sistema de la familia	Versiónes Mini LED105 - 100lm/W Versiónes Compact LED205 - 95lm/W	Marcado CE	Si
Temperatura de color	3000K y 4000K	Marcado ENEC	NO
Índice de reproducción cromática	80	Tasa de fallos del driver	1.5% en 5.000h
Alimentación	220V-240V	Vida útil	50.000h L70B50 (a 25°)
Equipo / Driver (integrado)	Versión Compact Flujo fijo. Driver integrado en luminaria (PSU). No reemplazable. Versión Compact DALI. Driver externo Titanium 36W TD WH 0.3-1A (PSED-E). Versión Mini Flujo fijo. Driver integrado en luminaria (PSU). No reemplazable. Versión Mini DALI. Driver externo Titanium 20W TD WH 0.15-0.5A (PSED-E).	Temperatura de funcionamiento	-10°C a +40°C
Cromaticidad	SDCM < 5	Peso	de 0.4 Kg a 0.8 Kg
Factor de Potencia	≈0.9	Conectores y Cableados	Conector push-in con retenedor
		Instalación (tipo de montaje)	Fijación con sujetones de resorte. Cableado entre luminarias posible (no para versión DALI).
		Accesorios	Opcionalmente cristal de protección disponible (permite protección IP44)
		Información adicional	Las versiones IP44 solo tienen este grado de protección en el frontal. En el lado posterior tienen IP20
		Información adicional	Las versiones IP44 solo tienen este grado de protección en el frontal. En el lado posterior tienen IP20

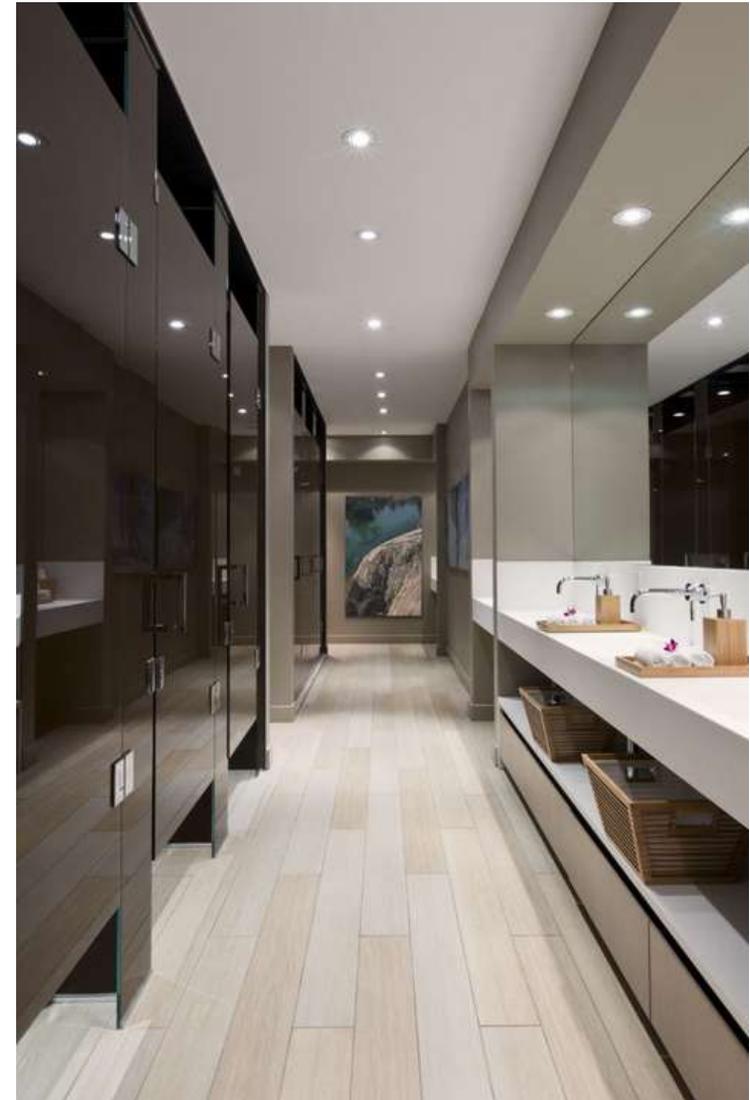


Imagen de referencia.

Propuesta de sistema fotovoltaico

La propuesta del sistema fotovoltaico alimentará únicamente a las luminarias de la cancha, mismas que tienen una demanda energética teórica de 139,400 Wh al día. Para el cálculo del rendimiento del sistema, se utilizarán los siguientes parámetros:

Coefficiente pérdidas en batería = 5 %

Coefficiente auto descarga batería = 0.5 %

Profundidad de descarga batería = 60 %

Coefficiente pérdidas conversión DC/AC = 12 %

Coefficiente pérdidas cableado = 5 %

Autonomía del sistema = 3 d

Rendimiento General = 76.05 %

Por lo que la demanda de energía real será igual a:

$$139,400 \text{ Wh} / 0.7605 = 183,300 \text{ Wh al día.}$$



LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino			
Voltaje a circuito abierto (voc):	37 V	Voltaje a potencia máxima (vmp)	29.8 V
Corriente de cortocircuito (isc):	8.22 A	Corriente a potencia máxima (imp):	7.73 A
Potencia máxima:	230 W	Coefficiente de temperatura de Pmax:	-0.45 %/°C
Potencia real a Temperatura media max :	232.709 Wp	Nº de módulos por serie:	2.0
Potencia pico módulos total :	39,100 Wp	Nº de series paralelo:	85.0
Optimización instalación/necesidades mes mas desfavorable :	0.86	Total de Modulos:	170.0
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de:			86%

Propuesta de reguladores.

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos se retoman de la página anterior, lo que nos aporta un determinado grado de optimización.

Regulador MORNINGSTAR TRISTAR-60 PWM			
Tensión:	12, 24 y 48 V	Voltaje máximo:	48 V
Potencia nominal	300 Wp	Consumo propio:	20 mA
Capacidad de carga:	60 A	Ratio aprovechamiento :	0.90
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de:	104%	Total de Reguladores:	12.0

Propuesta de baterías.

Para el cálculo de la batería, se ha tenido en cuenta, la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.

- Tensión nominal de baterías: 48 V
- Profundidad de descarga de baterías: 60 %
- Autonomía del sistema: 3 días
- Energía Real Diaria: 183,300 Wh/día
- Capacidad útil baterías calculada: 7574 Ah
- Capacidad real baterías calculada: 12623 Ah

De lo que se desprende, que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería con 24 vasos en serie de 1 series en paralelo de 5610 Ah en C100 , por serie, dando un total de 5610 Ah en C100 y 48 V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 3 días, con los consumos teóricos.

Baterías ABSOLYTE GP 1-100G99 FLAT PLATE			
Tensión:	2 V	No. de elementos en serie:	36.0
Capacidad nominal acumulador :	5610 Ah	Nº de series paralelo :	1.0
Tensión nominal acumulador :	48 V	Total de elementos:	36
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de:			94%

Propuesta de inversor - cargador.

Para el dimensionado del inversor-cargador se han utilizado los siguientes datos:

- Tensión sistema DC: 48 V
- Tensión salida AC: 230 V
- Potencia máxima: 17,420 W
- Coeficiente Simultaneidad: 0.7
- Potencia mínima necesaria: 12,194 W
- Factor de seguridad: 0.8
- Potencia de calculo : 15,245 W

La elección del inversor-cargador ha sido la siguiente:

Inversor - Cargador PICOGLF50 HP16000W			
Tensión:	48 V	Potencia nominal:	16,000 W
Potencia continua:	16,000 W	Potencia instantanea:	36,000 W
Consumo en vacio :	0 W	Eficiencia :	88%
Ratio aprovechamiento :	84%	Nº de inversores:	1.0
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de:			119 %

Ahorro energético:

Mes:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Consumo:	5680	5130	5680	5500	5680	5500	5680	5680	5590	5680	5500	5680
Producción:	5085	5325	6645	6545	6710	6020	6020	6020	5165	5165	5080	4900

Consumo total al año: 66,885 Kw

Producción total al año: 68,772 Kw

Total kg/año CO2 evitados: 37,274 kg

Propuesta de subestación eléctrica:

Resumen de iluminación del campo: 205 luminarias x 680 watts c/u = 139,400 watts.

Resumen de iluminación de palcos: 960 luminarias x 60.0 watts c/u = 57,600 watts.

Resumen de contactos de palcos 360 contactos x 180.0 watts c/u =64,800 watts.

Resumen de contactos de palcos 120 contactos x 500.0 watts c/u = 60,000 watts.

Resumen de iluminación de pasillos: 240 luminarias x 155 watts c/u = 37,200 watts.

Resumen de iluminación de locales de servicio (sanitarios, locales, etc): 784 luminarias x 60 watts c/u = 47,040 watts.

Resumen de contactos de locales de servicio: 392 contactos x 180.0 watts c/u =70,560 watts.

Resumen de contactos de locales de servicio: 196 contactos x 250.0 watts c/u =49,000 watts.

Sumatoria total de watts requeridos en el proyecto = 495,600 watts ó 500 Kw

Se propone el siguiente equipo para satisfacer las necesidades del proyecto:

1 Subestación eléctrica Trihal 500KVA 60Hz 23KV/480V Dyn-11 2600msnm

Marca Schneider Electric.

- Transformador 3 Fases, 500 KVA
- Banco de capacitores
- Tableros de control
- Power factor controller Siemens BR 6000
- Tablero de Distribución Baja Tensión Square D QD Logic



Imagen de referencia.

PLANTA ELÉCTRICA AZOTEA
ESC. 1:50 N.P.T. VARIABLE
ACOT.: m

CORTE ELÉCTRICO
ESC. 1:50 N.P.T.+5.20
ACOT.: m

TABLA DE LUMINARIAS				
ALTIURA DE MONTAJE	TIPO DE LUMINARIA	WATTS X LUMINARIA	LUMENES X LUMINARIA	CANTIDAD
43.50 MTS.	LLAMASPORT 2 - 5700K	680.0 watts	45.000lm	209.0

7.70m
18.89m
12.27m

13.2m
1.1m
110° LED CLEARANCE

DETALLES DE LUMINARIA

FES UNAM ACATLÁN

Localización:

Noias y simbología:

---	SEÑAL DE LÍNEA AL CABLE PERFORADO
---	SEÑAL DE LÍNEA DE LUMINARIA DE 60 W
---	SEÑAL DE LUMINARIA
---	SEÑAL DE CONECTOR Y CABLE JUMBO (CONECTOR Y CABLE)
---	SEÑAL DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN
---	SEÑAL DE CONECTOR
---	SEÑAL DE CONECTOR CABLE DE 10MM
---	CONECTOR CON CABLE
---	CONECTOR SIN CABLE
---	SEÑAL DE CABLE DE 10MM
---	SEÑAL DE CABLE DE 10MM
---	SEÑAL DE CABLE DE 10MM
---	SEÑAL DE CABLE DE 10MM
---	SEÑAL DE CABLE DE 10MM

Proyecto: Estadio de Futbol Soccer.

Ubicación: Av. Ingenieros Montesinos s/n, Nauyapam de Juárez, Estado de México, México

Proyecto: Andres Vazquez Montesinos

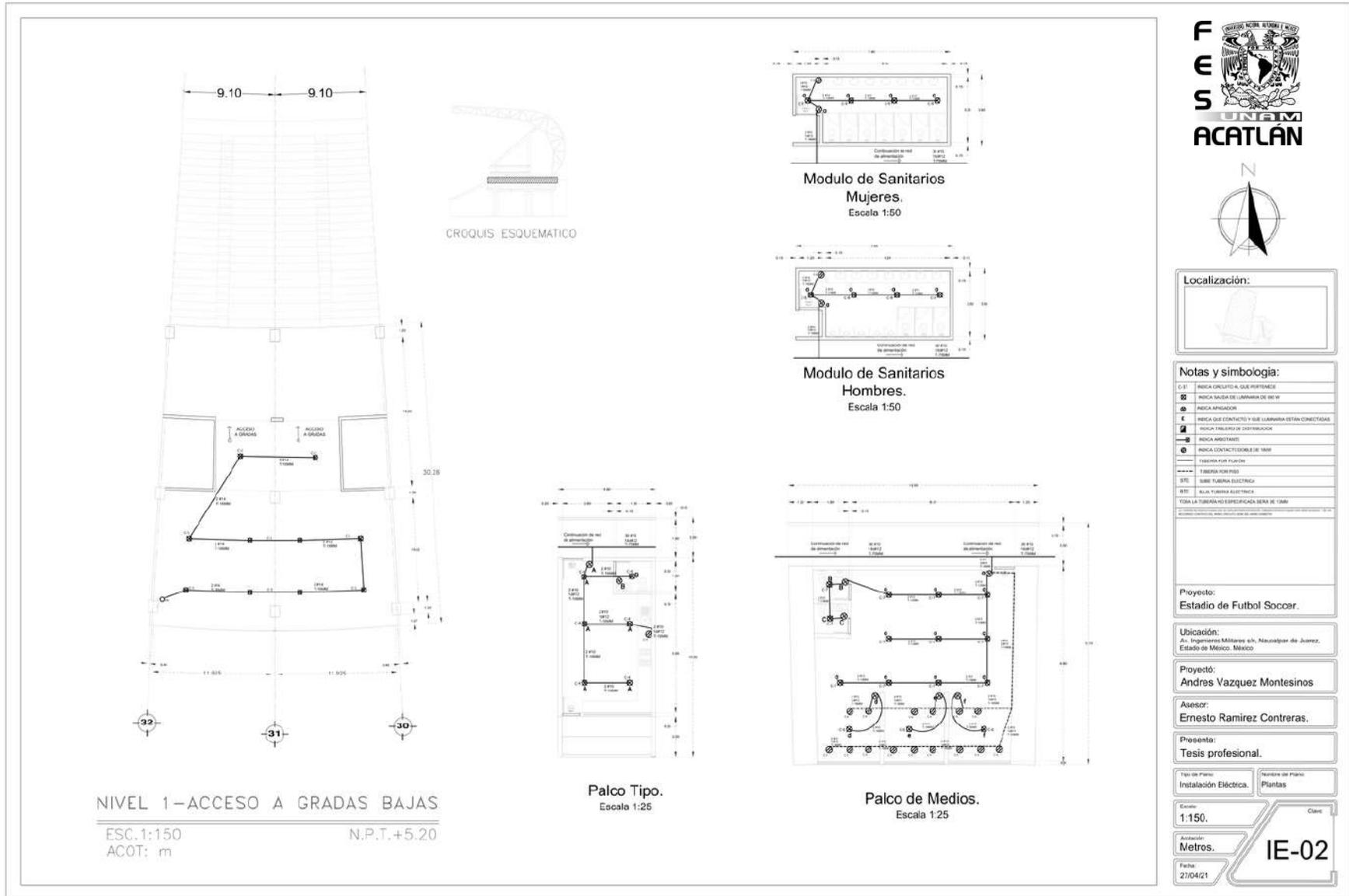
Asesor: Ernesto Ramirez Contreras.

Presenta: Tesis profesional.

Tipo de Plano: Instalación Eléctrica. Nombre del Plano: Iluminación del campo

Escala: 1:500. Fecha: 27/04/21

IE-01



9.- CONCLUSIÓN



9.- Conclusión.

De los 3 objetivos planteados se cumplieron cabalmente en esta investigación, dejando sus conclusiones parciales en cada sección correspondiente del trabajo, por lo que esta conclusión es más un resumen de la conclusión parcial por parte de la optimización ambiental y la optimización estructural. El objetivo principal o general "Diseñar y optimizar un estadio de futbol con una capacidad de 45,000 espectadores sentados, asi como sus espacios complementarios." Fue posible gracias a los objetivos particulares, recalcando que lo más importante de este trabajo en sí no es el proyecto, si no la demostración de que la metodología planteada en la investigación es aplicable a cualquier edificación sin importar su nivel de complejidad, los flujos de trabajo se pueden ajustar y complementar sin ningún problema a los flujos de trabajo tradicionales o convencionales para la elaboración de proyectos. Ya dependerá de cada uno de los proyectos el nivel de complejidad y alcance que quiera llegar, este trabajo únicamente es la base para construir un mundo mejor.

10.- BIBLIOGRAFÍA



10.1.- IMAGENES

10.- BIBLIOGRAFÍA.

- Imagen 1. (2019) Estadio Tottenham. Recuperado de <https://bit.ly/39HBcov>
- Imagen 2. (2020) Estadio Nacional de Pekín. Recuperado de <https://bit.ly/2X9Zm8i>
- Imagen 3. (2020) Análisis Térmico. Elaboración propia
- Imagen 4. (2017) Capacidad de los estadios. Recuperado de <https://bit.ly/3aGldrP>
- Imagen 5.(2020) Diseño ambiental y computacional de energía. Recuperado de <https://bit.ly/2SiY7Ax>
- Imagen 6. (2019) Logo de Rhinoceros 7. Recuperado de <https://bit.ly/2waY9Cz>
- Imagen 7. (2019) Logo de Grasshopper. Recuperado de <https://bit.ly/2yqyEhk>
- Imagen 8. (2019) Logo de Karamba 3D. Recuperado de <https://bit.ly//3aCzeXD>
- Imagen 9.(2020) Logo de Wallacei. Recuperado de <https://bit.ly/2xLcdmL>
- Imagen 10. (2019) Logo de Rhinoceros 7. Recuperado de <https://bit.ly/2waY9Cz>
- Imagen 11. (2019) Logo de Grasshopper. Recuperado de <https://bit.ly/2yqyEhk>
- Imagen 12. (2020) Logo de Ladybug. Recuperado de <https://bit.ly/34dxBgz>
- Imagen 13. (2019) Logo de Honeybee. Recuperado de <https://bit.ly/3bMXzdt>
- Imagen 14. (2020) Logo de Wallacei. Recuperado de <https://bit.ly/2xLcdmL>
- Imagen 15. (2019) Estadio Olímpico Universitario. Recuperado de <https://bit.ly/3aH5F7t>
- Imagen 16. (2017) Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2yqAfDQ>
- Imagen 17. (2017) Estadio José Ortega Martínez. Recuperado de <https://bit.ly/2JPoGZD>
- Imagen 18. (2013) Estadio Al Wakrah. Recuperado de <https://bit.ly/2X6Dnix>
- Imagen 19. (2020) Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2RaEERZ>
- Imagen 20. (2020) Estadio Education City. Recuperado de <https://bit.ly/348aoY>
- Imagen 21. (2015) Estadio Hazza Bin Zayed. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 22. (2020) Localizacion del Estadio Hazza Bin Zayed. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 23. (2015) Planta de gradas. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 24. (2015) Planta de techos. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 25. (2015) Fachada Lateral. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 26. (2015) Fachada Lateral - Fotografía. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 27. (2015) Detalle de celosía. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 28. (2015) Detalle de fachada. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 29. (2015) Sección de gradas.. Recuperado de <https://bit.ly/2xS8rb9>
- Imagen 30. (2014) Estadio Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>
- Imagen 31. (2020) Localización del Estadio Beira Rio. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 32. (2014) Planta baja Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>
- Imagen 33. (2014) Planta de gradas Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>
- Imagen 34. (2014) Planta de techos Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>
- Imagen 35. (2014) Corte de Gradas Beira Rio Recuperado de <https://bit.ly/2wUjPU6>
- Imagen 36. (2014) Estadio San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 37. (2020) Localización del Estadio San Mames. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 38. (2014) Planta baja San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 39. (2014) Primer nivel San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 40. (2014) Segundo nivel San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 41. (2014) Planta techos de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 42.(2014) Fachada principal de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 43. (2014) Corte longitudinal de San Mames Recuperado de <https://bit.ly/2yzQjTZ>
- Imagen 43. (2020) Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/2xOIAAb>
- Imagen 44. (2020) Localización del Estadio Akron. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 45. (2020) Planta baja Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/3bQGhft>
- Imagen 46. (2020) Planta palcos Estadio Akron Recuperado de <https://bit.ly/3bQGhft>
- Imagen 47. (2012) Sección del estadio. Recuperado de <https://bit.ly/2RfX8AG>
- Imagen 48. (2011) Estructuración general. Recuperado de <https://bit.ly/3dRjjXs>
- Imagen 49. (2012) Estructura de Cubierta. Recuperado de <https://bit.ly/2RfX8AG>
- Imagen 50. (2015) Estadio BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 51. (2020) Localización del Estadio BBVA. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 52. (2015) Planta de conjunt0 BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 53. (2015) Planta de palcos BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 54. (2015) Planta de techos BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 55. (2015) Corte de gradas BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 56. (2015) Cortes generales BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 57. (2015) Detalle de Cubierta BBVA Recuperado de <https://bit.ly/3bPe7Sb>
- Imagen 58. (2020) Distancia más cercana entre un equipamiento similar. Recuperado de <https://bit.ly/2UG0IGb>
- Imagen 59. (2020) Áreas de influencia. Elaboración propia.
- Imagen 60. (2017) Estructura colada in sitio. Cortesía de ITISA GRUPO.
- Imagen 61. (2017) Unión de prefabricados con la estructura colada in sitio. Cortesía de ITISA GRUPO.
- Imagen 62. (2017) Rakers. Cortesía de ITISA GRUPO.
- Imagen 63. (2017) Graderío. Cortesía de ITISA GRUPO.
- Imagen 64. (2017) Instalación de elementos prefabricados Cortesía de ITISA GRUPO.
- Imagen 65. (2010) Fab Lab Solar House - IAAC. Recuperado de: <https://bit.ly/3e2T0Nv>
- Imagen 66. (2018) Culture Shed. Recuperado de: <https://bit.ly/2Y31gre>
- Imagen 67. (2018) Análisis de radiación. Recuperado de: <https://bit.ly/2Y31gre>
- Imagen 68. (2019) Construcción de la cubierta metálica. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>
- Imagen 69. (2019) Modelo estructural optimizado,. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>
- Imagen 70. (2019) Análisis de esfuerzos de tensión y compresión. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>
- Imagen 71. (2019) Análisis de desplazamientos.. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>
- Imagen 72. (2019) Estructura de techo con columnas de racimo. Recuperado de: <https://bit.ly/3hvM5yw>

10.1.- IMAGENES

- Imagen 73. (2018) Acueducto de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/2xKye5x>
- Imagen 74. (2017) Arquitectura patrimonial 100% naucalpense. Recuperado de <https://bit.ly/2Kjxuqy>
- Imagen 75. (2020) Basílica de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/2wTB1ZG>
- Imagen 76. (2015) Las Torres de Satélite.. Recuperado de <https://bit.ly/2XTWuwG>
- Imagen 77. (2017) Nido de Quetzalcóatl. Recuperado de <https://bit.ly/3cB0JBy>
- Imagen 78. (2020) Toreo Parque Central. Recuperado de <https://bit.ly/2wRxX06>
- Imagen 79. (2016) CETRAM Cuatro Caminos. Recuperado de <https://bit.ly/2wTB1ZG>
- Imagen 80.(2020) Zona Metropolitana del Valle de México. Recuperado de <https://bit.ly/34RmL0d>
- Imagen 81. (2009) Incheon Juegos Asiáticos. Recuperado de <https://bit.ly/3eFQyNZ>
- Imagen 82. (2020) Escudo del municipio. Recuperado de <https://bit.ly/3brnzLB>
- Imagen 83. (2019) Pirámide poblacional municipal por grupos de edad, Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado del Plan de Desarrollo Municipal de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Imagen 84. (2015) Historia de la población en Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de: <https://bit.ly/2VNDygl>
- Imagen 85. (2020) Producto Interno Bruto Municipal (PIB) . Recuperado del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Imagen 86. (2020) Porcentaje de población ocupada por sector de actividad. . Recuperado del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Imagen 87. (2017) Acceso de Ciudad Satélite. Recuperado de <https://bit.ly/3cBbfZj>
- Imagen 88. (2016) Plaza Satélite. Recuperado de <https://bit.ly/2RU9oa3>
- Imagen 89. (2009) Mapa geológico de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 90. (2009) Mapa de suelos de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 91. (2009) Mapa del relieve de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 92. (2009) Mapa de climas de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 93. (2020) Temperaturas medias y precipitaciones del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>
- Imagen 94. (2020) Cantidad de precipitación del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>

10.- BIBLIOGRAFÍA.

- Imagen 95. (2020) Velocidad del viento en el municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>
- Imagen 96. (2020) Asoleamiento del terreno. Recuperado de <https://bit.ly/3eS6Ao2>
- Imagen 97. (2020) Vientos dominantes del municipio de Naucalpan. Recuperado de <https://bit.ly/3eK3AK3>
- Imagen 98. (2009) Mapa de hidrología de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 99.. (2009) Mapa de orografía de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 100. (2019) Gradas de acuerdo a las Normas. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019.
- Imagen 101 (2020) Ubicación del predio. Recuperado de Google Earth.
- Imagen 102 (2020) Topografía del predio. Elaboración propia
- Imagen 103. (2009) Mapa de relieve de Naucalpan de Juárez, Edo. de México. Recuperado de Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Naucalpan de Juárez, México, 2009.
- Imagen 104. (2020) Vías de comunicación del terreno. Elaboración propia.
- Imagen 105. (2020) CETRAM Cuatro Caminos. Recuperado de <https://bit.ly/2YVhweT>
- Imagen 106. (2020) Ubicación del predio. Elaboración propia.
- Imagen 107. (2020) Equipamiento urbano cercano al terreno. Elaboración propia.
- Imagen 108. (2020) Uso del suelo del predio. Recuperado de <https://bit.ly/3bnZxk3>
- Imagen 109. (2017) Parque Nacional de los Remedios. Recuperado de <https://bit.ly/3bmYG2X>
- Imagen 110.(2020) Exposición anual del sol. por WDS Lab. Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/simulacion-de-condiciones-luminicas-en-interiores>
- Imagen 111.(2016) Análisis ambiental del SC Fair 2016 in Yokohama.Recuperado de <https://acortar.link/joCDWM>
- Imagen 112.(2020) Análisis de viento y confort exterior por WDS Lab. Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/analysis-de-vientos-y-confort-exterior>
- Imagen 113.(2020) Análisis solar en espacio publico por WDS Lab. Recuperado de <https://www.wds-lab.com/projects/anlisis-solar-a-escala-urbana>
- Imagen 114.(2021) Interoperabilidad de LadybugTools. Recuperado de <https://www.food4rhino.com/en/app/ladybug-tools>
- Imagen 115.(2020) Frente de pareto para optimización considerando dos criterios. Recuperado de: "*Computational Engineering*"
- Imagen 116.(2021) Diagrama del recorrido del sol con temperatura. Elaboración propia.
- Imagen 117.(2021) Diagrama del recorrido del sol con humedad. Elaboración propia.
- Imagen 118.(2021) Rosa de los vientos. Elaboración propia.
- Imagen 119.(2021) Rosa de los vientos por estación. Elaboración propia.

- Imagen 120.(2021) Rosa de radiación. Elaboración propia.
- Imagen 121.(2021) Rosa de radiación por estación. Elaboración propia.
- Imagen 122.(2021) Análisis de radiación en graderío sin cubierta. Elaboración propia.
- Imagen 123.(2021) Análisis de radiación en graderío con cubierta. Elaboración propia.
- Imagen 124.(2021) Análisis de radiación en superficie plana. Elaboración propia.
- Imagen 125.(2021) Análisis de radiación en superficie plana en vista frontal. Elaboración propia.
- Imagen 126.(2021) Análisis de radiación en superficie de curvatura simple. Elaboración propia.
- Imagen 127.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura. Elaboración propia.
- Imagen 128.(2021) Análisis de radiación en superficie de curvatura simple vista frontal. Elaboración propia.
- Imagen 129.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura vista frontal. Elaboración propia.
- Imagen 130.(2021) Análisis de radiación en superficie de doble curvatura vista en perspectiva. Elaboración propia.
- Imagen 131.(2021) Diagrama de análisis de beneficio de sombra. Elaboración propia.
- Imagen 132.(2021) Geometría inicial para los análisis vista en perspectiva. Elaboración propia.
- Imagen 133.(2021) Geometría inicial para los análisis vista frontal. Elaboración propia.
- Imagen 134.(2021) Algoritmo de optimización ambiental en grasshopper. Elaboración propia.
- Imagen 135.(2021) Configuración de wallacei para la optimización. Elaboración propia.
- Imagen 136.(2021) Última generación de resultados optimizados. Elaboración propia.
- Imagen 137.(2021) Diamond fitness chart. Elaboración propia.
- Imagen 138.(2021) Análisis de radiación anual en propuesta elegida. Elaboración propia.
- Imagen 139.(2021) Sección en perspectiva sin louvers. Elaboración propia.
- Imagen 140.(2021) Sección en perspectiva con louvers tradicionales. Elaboración propia.
- Imagen 141.(2021) Axonométrico explotado con análisis de radiación. Elaboración propia.
- Imagen 142.(2021) Análisis de radiación de la propuesta 2. Elaboración propia.
- Imagen 143.(2021) Vista en perspectiva del acomodo tradicional. Elaboración propia.
- Imagen 144.(2021) Vista en perspectiva de la propuesta 2. Elaboración propia.
- Imagen 145.(2021) Axonométrico explotado con análisis de horas de luz. Elaboración propia.
- Imagen 146.(2021) Análisis de horas de luz solar con acomodo tradicional. Elaboración propia.
- Imagen 147.(2021) Análisis de horas de luz solar de la propuesta 2. Elaboración propia.
- Imagen 148.(2021) Vista en perspectiva del acomodo tradicional. Elaboración propia.
- Imagen 149.(2021) Vista en perspectiva de la propuesta 2. Elaboración propia.

- Imagen 150. (2017) Estadio Wanda Metropolitano interior. Recuperado de: <https://bit.ly/3r3gnf1>
- Imagen 151. (2017) Estadio Wanda Metropolitano exterior. Recuperado de: <https://bit.ly/3r3gnf1>
- Imagen 152. (2020) Pandeo de Malla 3D. Recuperado de "Computational Engineering"
- Imagen 153.(2019) No linealidad material Recuperado de "Computational Engineering"
- Imagen 154.(2016) Bóveda Armadillo by Phillip Block & Alejandro Aravena. Recuperado de <https://www.block.arch.ethz.ch/>
- Imagen 155.(2020) Carga no Lineal. Recuperado de "Computational Engineering"
- Imagen 156.(2020) Armaduras Ideales de Michell. Recuperado de "Computational Engineering"
- Imagen 157.(2020) Centro financiero CITIC: arreglos de refuerzo. Recuperado de "Computational Engineering"
- Imagen 158.(2020) Centro financiero CITIC: render de SOM Recuperado de: https://www.som.com/projects/citic_financial_center
- Imagen 159.(2020) Form Finding por densidad de fuerzas. Recuperado de <https://bit.ly/3aKby6e>
- Imagen 160.(2020) Form Finding por película de jabón. Recuperado de: <http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica3/fluidos/pelicula/pelicula.html>
- Imagen 161.(2017) Diferencias entre los distintos tipos de optimización. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321771366_A_case_study_on_topology_optimization_design_for_additive_manufacturing
- Imagen 162.(2020) Frente de Pareto para optimización considerando dos criterios. Recuperado de: "Computational Engineering"
- Imagen 163.(2020) Modelo de cubierta del estadio en SAP2000. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 164.(2020) Ubicación y espectro de diseño. Fuente: PRODISIS v.4.1
- Imagen 165.(2020) Mapa nacional de velocidades del viento Fuente: Manual de diseño de obras civiles por viento C.F.E.2008
- Imagen 166.(2020) Presiones del viento sobre la cubierta del estadio. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 167.(2021) Topología y diseño de armadura tipo.. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 168.(2021) Modelo de análisis de armadura. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 169.(2021) Diagrama de desplazamiento de armadura tipo. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 170.(2021) Diagrama de utilización de armadura tipo. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 171.(2021) Algoritmo de optimización estructural en grasshopper. Fuente: Elaboración propia
- Imagen 172.(2021) Diseños límites de optimización. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 173.(2021) Configuración del optimizador Wallacei. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 174.(2021) Posibles soluciones finales. Fuente: Elaboración propia.

10.1.- IMAGENES

- Imagen 175.(2021) Diagrama de desplazamiento, solución final. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 176.(2021) Diagrama de utilización, solución final. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 177.(2021) Diagrama de esfuerzos mecánicos de armadura tipo en SAP2000. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 178.(2021) Diagrama diseño de perfiles. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 179.(2021) Diagrama utilización en SAP2000.. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 180.(2021) Diagrama de esfuerzos mecánicos de marco tipo en SAP2000.. Fuente: Elaboración propia.
- Imagen 181.(2021) Figura 21 - Apéndice C, Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado.
- Imagen 182.(2021) Figura 7 - Apéndice C, Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado.
- Imagen 183.(2021) Separación de estribos. Fuente: Elaboración propia.

10.- BIBLIOGRAFÍA.

- Tabla 1.- Estadios de futbol de primera división. (Del más antiguo al más reciente). Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 2.- Comparativa de Modelos Análogos. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 3.- Tabla de usos de suelo de Naucalpan de Juarez, Edo. de México. Fuente: Recuperado de: <https://bit.ly/2SIcG0B>
- Tabla 4.- Cajones de estacionamiento. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019
- Tabla 5.- Dotación de agua. Recuperado de Reglamento de Construcciones de la CDMX 2019
- Tabla 6.- Alumnos egresado de la Escuela Militar de Transmisiones. Recuperado de: <http://www.sedena.gob.mx/leytrans/petic/2006/junio/01062006b.html>
- Tabla 7. Programa de necesidades, área de juego. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 8. Programa de necesidades, área de espectadores. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 9. Programa de necesidades, área privada. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 10. Programa de necesidades, área pública. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 11. Programa de necesidades, área de medios. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 12. Programa de necesidades, área administrativa. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 13. Programa arquitectónico, área de juego. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 14. Programa arquitectónico, área de espectadores. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 15. Programa arquitectónico, área privada. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 16. Programa arquitectónico, área pública. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 17. Programa arquitectónico, área de medios Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 18. Programa arquitectónico, área administrativa. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 19. Sumatoria de áreas. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 20. Resumen de resultados - análisis de radiación sobre circulaciones. Fuente: Elaboración propia
- Tabla 21. Resumen de resultados - análisis de horas de luz solar sobre circulaciones. Fuente: Elaboración propia.
- Tabla 22. Espectros de diseño.
- Tabla 23. Clasificación del terreno del proyecto por viento.
- Tabla 24. Resumen de presiones de viento.

- Banco de Indicadores. Naucalpan de Juárez, México (15057). INEGI <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ag=15057>
- Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de México. Naucalpan de Juarez. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>
- Plan de Desarrollo Municipal de Naucalpan de Juarez. 2019-2021 Recuperado de: <https://naucalpan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/04/Gaceta-Especial-No-4-ok.pdf>
- Arnal Simón, L.; M. Betancourt Suarez. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Decima edición. México, editorial Trillas.
- Debney, P. (2020). *Computational Engineering*. Primera edición. London, United Kingdom: Editado por The Institution of Structural Engineers.
- Stasiuk, D. (2018) *Design Modeling Terminology*. Primera edición. London, United Kingdom. Editado por Proving Ground
- Silver, P.; W. Mclean; P. Evans. 2014. Ingeniería de estructuras para arquitectos. Primera edición en lengua española. Barcelona, España. Editorial Blume.
- Perles, P. (2007). Temas de estructuras especiales. Segunda edición. Argentina, editorial Nobuko.
- Block, P. (2009). Thrust Network Analysis. Tesis de doctorado, Massachusetts Institute of Technology.
- Jiang, C.; Tang, C; Seidel, H; Wonka, P. (2017). Design and Volume Optimization of Space Structures. ACM Trans. Graph.
- 36, 4, Artículo 159. Max Planck Institute for Informatics, Stanford University.
- Adriaenssens, S.; Block, P.; Veenendaal, D.; Williams, C. (2014) Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization. Primera edición. Nueva York, Estados Unidos. Editorial Routledge.
- Adriaenssens, S.; Rhode-Barbarigos, L.; Kilian, A.; Baverel, O.; Charpentier, V.; Horner, M.; Buzatu, D. (2014) Dialectic Form Finding of Passive and Adaptive Shading Enclosures. *Energies* 2014, 7, 5201-5220, Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University, Princeton, Laboratoire Navier/Géométrie Structure Architecture, Ecole des Ponts ParisTech.
- Rothwell, A. (2017) Optimization Methods in Structural Design. Volumen 242, Suiza. Editorial Springer.
- Sánchez Caballero, S. (2012) Optimización estructural y topológica de estructuras morfológicamente no definidas mediante algoritmos genéticos. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Valencia.