



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL EQUIPO INTERACTIVO "ORIGEN DE UN GEN TRANSGÉNICO"

TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

FERNANDO SAMPAYO MÁRQUEZ

ASESOR:

DRA. JULIA TAGÜEÑA PARGA.



CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F. 2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Mi más profundo agradecimiento:

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por abrirme sus puertas y por su invaluable aportación a mi formación profesional.

A mi Madre Cristina (q. e. p. d.), por haber formado mi cuerpo y forjar mi espíritu, para continuar a pesar de todas las adversidades y ofrendar su vida misma para ver realizado en sus hijos todo lo que ella no pudo ser.

A la Dra. Julia Tagüeña Parga, por su apoyo desmedido y su acertada guía para alcanzar esta meta.

Al Ingeniero Gonzalo López de Haro y al M. C. Enrique Jiménez Espriú, por su gran apoyo.

Al Dr. Saúl Daniel Santillán Gutiérrez y al Ingeniero Eduardo Garduño, por sus sugerencias y críticas constructivas.

Diseño y fabricación del equipo interactivo “origen del gen transgénico”, para el Museo de Ciencias Universum, de la UNAM.

Objetivo: Diseñar y construir un equipo interactivo para divulgar el conocimiento sobre el origen de los genes que se transplantan a distintas especies vegetales, para generar cultivos genéticamente modificados.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1. Equipos interactivos en un museo de ciencias.	3
1.1 Antecedentes históricos.	3
1.2 Características de los Centros de Ciencia.	4
1.3 Aspectos educativos.	5
1.4 Divulgación de la ciencia en el Museo	6
1.5 Interactividad.	7
1.5.1 Exposiciones interactivas de ciencias.	8
1.6 <i>Universum</i>	9
1.6.1 Etapas de desarrollo de una exposiciones interactivas en Universum	9
Capítulo 2. Diseño del equipo interactivo	12
2.1 Proceso de Diseño	12
2.2 Recursos	14
2.3 Ubicación	14
2.4 Metodología de trabajo	15
2.4.1 Clarificación de objetivos.	15
2.4.2 Análisis de funciones	16
2.4.3 Clasificación de requerimientos	17
2.4.4 Fijación de requerimientos.	18
2.4.5 Determinación de las características de diseño	19
2.4.6 Especificación del producto	27
2.5 Generación de alternativas.	28
2.5.1 Evaluación de alternativas.	28

2.5.2 El método del diagrama morfológico.	29
2.5.3 Criterios de selección de materiales	31
2.5.4 Método de propiedades ponderadas	35
2.5.6 Selección final de materiales.	38
2.6 Forma final del equipo “origen de un gen transgénico”	39
2.7 Comunicación del diseño	42
Capítulo 3. Fabricación del equipo interactivo.	43
3.1 Consideraciones generales	43
3.1.1 La calidad en el diseño	44
3.2 Fases del proyecto de fabricación	45
3.3 Análisis de costos	47
3.4 Memoria descriptiva	49
3.5 Producción instalación y pruebas	51
Conclusiones.	53
Apéndice A Memoria de cálculo del “freno de Ginebra”.	55
Apéndice B Antecedentes científicos	59
Apéndice C Factores humanos en el diseño	60
Apéndice D Planos de Fabricación y renders	66
Bibliografía.	

Introducción.

El mundo está lleno de herramientas, utensilios, máquinas, edificios, muebles, vestidos y muchas otras cosas que los seres humanos aparentemente necesitan o desean para tener una vida mejor. De hecho, cada cosa que no es una pieza de la naturaleza, ha sido diseñada por alguien. Incluso una hoja de papel en blanco ha sido objeto de decisiones de diseño en cuanto a su tamaño, color, densidad, opacidad, absorbencia. Aún cuando se llevan a cabo muchas actividades de diseño en el mundo, la forma en que las personas diseñan no es muy bien comprendida. Sin embargo, ahora existe un creciente conjunto de conocimientos acerca de la naturaleza del diseño, de la habilidad para el diseño y cómo desarrollarla, así como del proceso de diseño y cómo mejorarlo.

Los museos de ciencias se han convertido en lugares interactivos, donde el visitante manipula los equipos. Esto ha representado un reto para el ingeniero tanto en el diseño como en la fabricación de las exposiciones. Hoy en día, por la experiencia en los museos de ciencias, sabemos que una exhibición exitosa es eficaz en términos de comodidad, poder de atracción, capacidad de comunicación e interacción, y no sólo en función de lo que muestra para ser interpretado.

El término “interactivo” se ha prestado a muchas interpretaciones, desde aquellas que relacionan ese término con la psicología genética, hasta quienes en aras de promover un museo, emplean el término como una etiqueta novedosa pero sin cuestionarse su significado y mucho menos buscar la interactividad en sus exhibiciones. Puede decirse que el principio de interactividad más básico estriba en crear exhibiciones que provoquen un cuestionamiento por parte del público. Este principio de cuestionamiento, proponen los estudiosos del tema, corresponde a su vez a la base de todo procedimiento científico. Para J. Wagensberg (Wagensberg, 1999), la función de los museos de ciencia es tratar de poner al ciudadano en la piel del científico y, por ello, el museo es un espacio en el que se concentran “emociones científicas”. La idea es que el mismo método que se utiliza para comprender la ciencia se emplee en el museo para aproximarse a los conocimientos científicos. Una de las formas de lograrlo es buscando que el usuario controle el mayor número posible de grados de libertad del fenómeno expuesto, pero sin que esto afecte su comprensión. Dicho de otra forma, la verdadera interactividad se da cuando el visitante experimenta las emociones del científico al interactuar con las exhibiciones.

En el presente trabajo, hablaremos de como se crea una exposición interactiva en el Museo de las Ciencias *Universum*, y en forma particular del proceso de diseño y fabricación del equipo interactivo denominado “Origen de un gen transgénico”, para la exposición “Los alimentos transgénicos”, de la Sala Cosechando el Sol del Museo de las Ciencias *Universum*.

En el capítulo 1, haremos un breve descripción de cómo y por qué surgieron los museos de ciencias interactivos, de la importancia de éstos para la sociedad, de las características que deben tener para ser catalogados como tales, del aspecto educativo, de su función como lugares de divulgación científica, de la importancia de la interactividad y por último de cómo se crea una exposición interactiva en el Museo de las Ciencias *Universum*.

En el capítulo 2, mostraremos las diferentes facetas relacionadas con el proceso de diseño del equipo interactivo “origen de un gen transgénico”, junto con el papel que desempeña el ingeniero en esta área. Parte del desarrollo de una idea, pasa a la generación de alternativas, considera una serie de requerimientos que surgen de las disciplinas relacionadas para llegar a la creación y prueba de maquetas y prototipos

funcionales. Una vez realizados los ajustes y/o modificaciones necesarias, hace una propuesta concreta, la cual incluye planos, especificaciones de materiales, ensambles, circuitos electrónicos, costos, supervisión en la construcción, etc., hasta que llega a su fabricación y montaje final.

En el capítulo 3, abordaremos las consideraciones generales que debemos tomar en cuenta cuando se trata de fabricar equipos para un museo de ciencia interactivo. Además veremos como se deben involucrar varias disciplinas para asegurar que el equipo a fabricar cumpla con todos los requerimientos constructivos y/o funcionales, establecidos a lo largo de la fase de diseño del mismo. Veremos cuales son las fases de un proyecto de fabricación, haremos un análisis de costos del proyecto, detallaremos el proceso de fabricación, y por último haremos un análisis del funcionamiento del equipo "*origen de un gen transgénico*".

En los apéndice A, daremos detalles sobre la memoria de cálculo, en el apéndice B antecedentes científicos, en el apéndice C, Factores humanos en el diseño y como los seres humanos interactúan con el producto, y por último en el apéndice D, los planos de diseño y constructivos del equipo "*origen de un gen transgénico*".

Finalmente resumiremos las conclusiones de este trabajo.

Capítulo 1. Equipos interactivos en un museo de Ciencia.

La ciencia es parte de la cultura del hombre, lo acompaña en su ancestral búsqueda de respuestas acerca de los fenómenos que lo rodean. Para hacer llegar estas respuestas a un público amplio es necesaria la participación de los divulgadores de la ciencia, su labor consistirá en traducir el lenguaje científico, con la terminología complicada que lo caracteriza, en un lenguaje sencillo, que no por esto pierda la importancia ni la veracidad de los postulados y leyes. El museo es tan sólo uno de los vehículos que el divulgador puede utilizar para lograr este objetivo. Dentro del museo los equipos interactivos permiten al visitante reproducir la experiencia del científico y es en su diseño donde el ingeniero juega un papel fundamental.

En este capítulo veremos la importancia de la interactividad en los Museos de Ciencia. Se toma como referencia los antecedentes del Museo de ciencias *Universum* de la UNAM, lugar en que se realiza este trabajo.

1.1 Antecedentes históricos.

¿Cómo surge el museo de ciencias? El museo proviene en gran medida de las colecciones particulares y de los “gabinetes de curiosidades” naturales. El museo de ciencias surge de igual forma (Beyer, 2001). En 1683 un coleccionista privado -Elías Ashmole- hace una donación para inaugurar el primer museo público de Inglaterra, el Ashmolean Museum. Consistía en una muestra de especímenes naturales adquiridos durante expediciones, tenía un laboratorio que hacía demostraciones y una sala donde se dictaban clases y conferencias. El impacto de estas prácticas fue tan importante en la sociedad, que lo que se inició como una serie de conferencias en la sala del museo dio lugar con el tiempo a los seminarios de ciencia de la Universidad de Oxford.

En el siglo XVIII el zoólogo Georges Cuvier recomienda a Napoleón la construcción de museos de ciencia para favorecer las vocaciones científicas en los jóvenes de Francia. Por muchos años Cuvier es el director del Jardín des Plantes de París, un jardín botánico que está abierto al público hasta el día de hoy, y que actualmente se encuentra asociado al Museo Nacional de Historia Natural, la Gran Galería de la Evolución, un instituto de investigación y una biblioteca.

En 1850 Louis Agassiz consigue dinero para construir el Museo de Zoología comparada de la Universidad de Harvard. El museo representa a la sociedad que lo genera, es por esto que, siendo Agassiz antidarwinista, los postulados del museo presentaban estas características y generaron serias discusiones con los grupos darwinistas que, de alguna forma continúan hasta hoy.

Hacia el siglo XIX las demostraciones de ciencia y tecnología adquieren un nuevo significado, pues constituyen la manera de mostrar la riqueza y la fuerza científica de un país. Así, durante la Gran Exposición de 1851 Inglaterra se percata de que es el país más avanzado en cuanto a industria, pero está atrasado en cuanto a ciencia y educación. Estados Unidos organiza las grandes Ferias de Ciencia. El éxito es de tal magnitud, que la Feria de Ciencia de Filadelfia en 1876 asisten 10 millones de personas, y 21 millones viajan a la Feria de Chicago en 1893.

Muy pronto surgen las grandes instituciones y los grandes museos. A pesar que la

interactividad como herramienta del museo de ciencias actual se analiza como nueva, ya en el siglo XVIII se tiene registro de demostraciones científicas y otras actividades que invitaban al público a interactuar con los objetos expuestos. Esta herramienta desaparece, sin embargo, hacia el siglo XIX y no es hasta la década de los sesenta que los museos de ciencia retoman la interactividad. Uno de los pioneros es el Exploratorium de San Francisco, que abre en 1969. Su fundador, Frank Oppenheimer, era un físico que estaba convencido de que para aprender ciencia, lo primero era motivar al alumno a acercarse y experimentar con ella. Oppenheimer convirtió al Exploratorium en un centro de educación informal que utiliza al máximo los sentidos del visitante. El resultado es tan exitoso que los profesionales del museo publican sus “recetas” y las venden a otros museos y centros de ciencia como una guía para hacer museos científicos. El impacto del museo y el centro de ciencias se puede medir cuantitativamente: en menos de 30 años el Exploratorium y los museos de ciencia natural habían promovido la apertura de más de 300 centros de ciencia en Estados Unidos. (Sánchez, 2001).

1.2 Características de los Centros de Ciencia.

Como hemos señalado anteriormente, los últimos treinta años han estado marcados en la museológica científica por la creación de numerosas instituciones que genéricamente se conocen como Centros de Ciencia (Sánchez, 2001). El origen de estos lugares habría que buscarlo en un nuevo despertar de la cultura, y dentro del mundo cultural en el interés por la ciencia que ha ido creciendo de manera asombrosa a lo largo de las últimas décadas.

Los motivos de este creciente interés son variados. Vivimos en un mundo en el que la explicación científica se identifica con la solución de los problemas. Temas como el origen del universo, la conquista del espacio, la biogenética,... nos llegan continuamente a través de los medios de comunicación. Además, tanto el mundo del trabajo como la vida cotidiana y la diversión están fuertemente tecnificados. Por ello, la divulgación científica se ha convertido en una necesidad para la sociedad actual.

Consciente de esta situación, Frank Oppenheimer escribía al respecto en 1968: *“Es cada vez más necesario que el público entienda de la ciencia y la tecnología, pues sus frutos siguen configurando la naturaleza de nuestra sociedad e influyendo sobre los acontecimientos de importancia mundial. Sin embargo, entre la vida y la experiencia cotidiana de la mayoría de nosotros y la complejidad de la ciencia y la tecnología hay una distancia que se agranda cada vez más”*. Por esta razón, pensaba que había una necesidad cada vez mayor de contar con lugares donde el público pudiera familiarizarse con los detalles de la ciencia y la tecnología. Un lugar así podría despertar su curiosidad latente y satisfacer por lo menos algunas preguntas; lugares que tuviesen un atractivo estético y un propósito pedagógico.

Estos museos de ciencia modernos tienen principios comunes que se reflejan en sus objetivos, contenidos y actividades, que pueden resumirse en los siguientes puntos (Sánchez, 2001):

- Intentan promover una cultura científica y técnica y dar a conocer tanto las Ciencias y las técnicas como sus consecuencias económicas, sociales, culturales y ambientales a todos los ciudadanos con independencia de su edad y preparación cultural.
- Ponen el énfasis en la comunicación de la Ciencia, predominando la finalidad didáctica

frente a la exhibición de máquinas e instrumentos originales, que en la mayoría de ellos no están presentes.

- Invitan al visitante a manipular las exhibiciones. Al contrario de los museos tradicionales de cualquier tipo, en estos museos se estimula a "tocar", a participar en forma interactiva en los módulos expuestos. Su esencia es la "exploración interactiva de los fenómenos científicos".
- Tienden a transmitir una ciencia integrada e interdisciplinar, eliminando las barreras disciplinares, propias de los museos tradicionales, a fin de lograr una visión global y unificada.

El análisis de estos objetivos lleva a la conclusión de que estas instituciones deben ser "una casa abierta a todos". Toman como punto de partida a la persona, el individuo, sea cuál fuere su nivel cultural, e intentan que cada uno encuentre su propio camino hacia las ciencias y las técnicas y lo siga a su modo y según su propio ritmo.

Por ello, desde el principio, estos centros no han querido exhibir una ciencia complicada sino lo que Oppenheimer llama "*simple science*", que afina los sentidos y desarrolla la imaginación.

1.3 Aspectos educativos.

En la actualidad, el museo se rebela contra su concepción original, dejando atrás la imagen de un espacio para el almacenamiento de colecciones, se convierte en un sitio vivo, con evolución, objetivos y metas, en donde la sociedad aprende y se divierte (Beyer, 1999).

En las últimas décadas surge entre la comunidad científica la preocupación por una sociedad que consume a gran escala productos de tecnología refinada, sin entender los principios científicos que los sustentan. En este sentido, la labor de un divulgador científico es conseguir la transmisión de estos principios, de modo que el público en general aplique correctamente su definición y contenidos. En México, el museo como institución educativa ocupa el segundo lugar (después de las bibliotecas) al que acuden estudiantes de todos los niveles en busca de información y aprendizaje. La Secretaría de Educación Pública agenda semanalmente cientos de visitas de las escuelas incorporadas a diversos tipos de museos.

Las ciencias encuentran en el museo una oportunidad excepcional para poner a disposición del público general los conocimientos que generan día con día. Los recursos museográficos bien aplicados permiten que el visitante se relacione de una manera divertida con conceptos que de otra forma le parecen aburridos. En el museo, la ciencia se presenta ante el público que busca voluntariamente acercarse a ella, a diferencia de lo que ocurre en otros foros, como escuelas y universidades. Sin embargo, la vocación científica en nuestro país es escasa. De cierto modo, esto se debe a la falta de oportunidades y reconocimiento que la labor científica genera en la sociedad mexicana, así como un profesorado en muchos casos, poco motivado para transmitir las maravillas científicas y tecnológicas.

Las universidades privadas, en general no desarrollan programas de estudio que apoyen

las carreras científicas y la investigación, debido a éstas no se consideran “rentables” aun cuando sus estudiantes generalmente presentan mejores condiciones socioeconómicas que los alumnos de las universidades públicas. Los programas de vinculación entre la ciencia y la industria avanzan lentamente. Esta relación, cuyo éxito está comprobado en otros países resulta fundamental para implantar proyectos y mejorar la calidad de los productos, así como para abrir bolsas de trabajo que motiven a la sociedad estudiantil a seguir una carrera científica que apoye el crecimiento del país y genere conocimientos que promuevan el bienestar general. Recordemos que hace poco más de 50 años en México se construían grandes instituciones de educación, ciencia y salud que en breve alcanzaron reconocimiento internacional. Las crisis económicas que últimamente nos aquejan cobran su precio al detener la construcción de otros centros educativos y proporcionar al científico la tecnología de vanguardia y el sueldo que necesita para competir con el resto de los países. Generalmente, ni la industria ni la sociedad mexicana se encuentran en la ciencia motivo digno de atención.

Así, el museo de ciencias tiene el compromiso de motivar a la sociedad a entender los fenómenos que nos rodean en nuestra vida cotidiana, acrecentar la curiosidad y el respeto hacia la naturaleza. El museo de ciencias se constituye a partir de la experiencia del académico, pero su mensaje está diseñado para servir al público no especializado. En México contamos con varios ejemplos de museo científico y de centros de ciencia, espacios que son, en elenco, instituciones educativas, pero su ventaja radica en que no son escuelas. El museo ofrece oportunidades educativas que difícilmente pueden reproducirse en espacios escolares.

Una de las herramientas del museo es su característica de educación no formal. El público llega a él desinhibido, en muchas ocasiones voluntariamente, y en todos los casos buscando algo nuevo a través del entretenimiento. Es importante hacer notar que la experiencia dentro del museo generalmente ocurre dentro de un contexto social: el visitante se reúne aquí con la familia, los amigos o los compañeros de la escuela. Los grupos generan interacción y discusión. Frecuentemente el grupo cuenta con personas de ambos sexos, diferentes edades y antecedentes educativos. Un museo de ciencias intenta brindar experiencias multisensoriales; por ello, las exposiciones deben procurar ser, al menos llamativas a la vista, al oído y al tacto. Así, un museo de ciencia es un lugar de educación continua donde los adultos pueden seguir aprendiendo. (Sánchez, 2001)

1.4 Divulgación de la Ciencia en un Museo.

La divulgación es una labor que no admite una sola definición: para unos, divulgar sigue siendo traducir; para otros, enseñar de manera amena, o informar de forma accesible; se dice también que divulgar es tratar de reintegrar la ciencia a la cultura (Sánchez, 1998).

El museo es uno de los medios al alcance de un divulgador de la ciencia para realizar su labor. La divulgación consiste en recrear, reconstruir, traducir el lenguaje científico en un mensaje sencillo y comprensible. La divulgación de la ciencia es una disciplina que utiliza al conocimiento científico como materia prima y a partir de ésta, elabora un puente que va del científico al público no especializado (Beyer, 2001). No hemos de referirnos al público no especializado de forma despectiva; antes bien, debemos admitir que la ciencia avanza tan rápidamente que en el último siglo es difícil hasta para los propios científicos mantenerse al día y manejar la terminología que inventan sus colegas para definir un nuevo proceso físico, un nuevo elemento químico, una nueva especie animal o vegetal.

Ya hemos analizado que el museo nace y evoluciona como una institución ligada a la cultura. El museo de ciencias se constituye a partir de la experiencia del académico pero su mensaje está diseñado para servir al público en general. El museo de ciencias, bien encaminado, es un medio idóneo para la divulgación.

1.5 Interactividad

Puede decirse que el principio de interactividad más básico estriba en crear exhibiciones que provoquen un cuestionamiento por parte del público. Este principio de cuestionamiento, proponen los estudiosos del tema, corresponde a su vez a la base de todo procedimiento científico. Como ya dijimos para J. Wagensberg, la función de los museos de ciencia es tratar de poner al ciudadano en la piel del científico y, por ello, el museo es un espacio en el que se concentran “emociones científicas”. El punto clave está en cómo lograrlo. Wagensberg propone un método museístico al que llama “método de la emoción inteligible”. La idea es que el mismo método que se utiliza para comprender la ciencia se emplee en el museo para aproximarse a los conocimientos científicos. Una de las formas de lograrlo es buscando que el usuario controle el mayor número posible de grados de libertad del fenómeno expuesto, pero sin que esto afecte su comprensión. Dicho de otra forma, la verdadera interactividad se da cuando el visitante experimenta las emociones del científico al interactuar con las exhibiciones. Para este mismo autor existen tres etapas de interactividad que llevan hacia la emoción científica. La primera de éstas es la llamada “interactividad manual”, que es tan sólo el principio del proceso y en la que muchos museos se estacionan y con la que pretenden justificar su calidad de museos interactivos.

La interactividad manual consiste en tener un acceso físico al proceso o equipo mostrado, pero sin ninguna retroalimentación y normalmente de manera pasiva. En muchos museos este acceso manual se ha viciado al grado de que provoca un acercamiento pobre o nulo a la ciencia si no se complementa con la segunda etapa de la “interactividad mental”, en la que la mente del visitante sufre cambios entre el antes y el después de la visita. La tercera forma, en la que se alcanza realmente la interactividad, es la llamada “interactividad emocional” y en la que intervienen factores sensoriales, sociales, históricos, estéticos, morales o de la vida cotidiana del visitante y que se conectan con su faceta sensible. Tomando estas ideas en consideración, sería importante que los museos de ciencia se preguntaran si al diseñar sus equipos han superado la etapa de la interactividad manual y no se han conformado con que el visitante accione un equipo al apretar un botón. La falsa interactividad está dada por los equipos que se accionan mecánicamente o los que reproducen esquemas de los libros de texto en tercera dimensión. El extremo son los museos que se dicen interactivos porque muestran equipos en que el visitante aprieta un botón, que abre un grifo, que al dejar caer agua en una manivela hace que ésta prenda un foco que ilumina una mampara saturada de información escrita. (Sánchez y Tagüeña, 2004)

Las características de la interactividad son:

- En la interactividad el receptor decide o escoge qué parte del mensaje le interesa más, es decir controla el mensaje.
- El emisor debe establecer anticipadamente el nivel de la interactividad que le dará a

su mensaje, y el receptor decidirá y/o escogerá el cómo usar esa interactividad.

- El emisor no puede hacer su mensaje interactivo más allá de los límites del medio de comunicación.

1.5.1 Exposiciones interactivas.

Las exposiciones interactivas de un museo de ciencia son un recurso excelente para el aprendizaje de las Ciencias, proporcionan nuevas informaciones, en muchos casos desarrollan destrezas y habilidades, y sobre todo, favorecen una serie de actitudes como la curiosidad, la creatividad y la flexibilidad que contribuyen a tener una formación integral (Sánchez, 2001).

Michael Williams, diseñador de módulos interactivos, a través de entrevistas realizadas a visitantes, tanto a niños como adultos y científicos, en el Launch Pad del Museo de la Ciencia en Londres ha llegado a las siguientes conclusiones: (García, 1998)

- La interactividad intensifica la memoria. Meses después de realizar la visita, los entrevistados recuerdan exactamente lo que vieron, lo que dijo cada uno.
- La interactividad hace posibles futuras relaciones y conexiones. Al grabarse fuertemente en la memoria los fenómenos observados y las actividades realizadas permiten con posterioridad la incorporación de nuevos conceptos.
- La interactividad posibilita la integración de las ideas. Cada visitante trae consigo su experiencia vital y su bagaje de conocimiento incompleto y a veces erróneo. Una vivencia fuerte en una atmósfera excitante puede servir para integrar o reordenar sus ideas dentro de su propio esquema cognitivo, como preconizan las tendencias actuales del aprendizaje.
- La interactividad ayuda a desarrollar actitudes positivas hacia la ciencia. El Deutsches Museum de Munich fue pionero en la interactividad más simple (apretar un botón). Generaciones de científicos e ingenieros han asegurado que la experiencia de ver cómo funcionaban los modelos y dioramas les influyó positivamente en su carrera.

Los puntos anteriores reflejan claramente que en las exhibiciones interactivas no estará garantizado el aprendizaje pero si ofrecen oportunidades únicas para lograrlo.

¿Tiene, sin embargo, la interactividad límites y riesgos que hay que tener en cuenta? Al analizar la interactividad en museología, la presenta no como un objetivo a conseguir sino como un medio con sus ventajas y sus riesgos. Entre las primeras se encuentran las señaladas anteriormente, además de otras de muy diverso carácter. Entre los riesgos o límites de la interactividad conviene destacar que (García, 1998):

- No todo es susceptible de interactividad
- No reemplaza la interacción humana

- Tiene peligro de aislar al individuo frente a la experiencia
- Una incorrecta interpretación de los fenómenos por falta de ayudas didácticas puede conducir a errores conceptuales

Para concluir hay que señalar que el grado de interactividad que ofrece un equipo determinado, depende del tipo de fenómeno a observar o de la actividad a realizar. Habrá casos en los que es posible ofrecer una máxima interactividad: se puede controlar el mayor número de variables sin afectar a la comprensión que se quiere transmitir. En otros casos la interactividad será mínima: experiencias de percepción (color, olor, sonidos,...), o equipos manipulables mediante botones en los que la respuesta es única.

1.6 *Universum*.

EL MUSEO *UNIVERSUM*

El origen del proyecto del Museo de las Ciencias se remonta a 1979 y es resultado de la inquietud de la comunidad científica mexicana por tener un espacio donde divulgar el conocimiento científico. Se pensó entonces en la construcción de un museo de historia natural tradicional en el que se exhibirían las colecciones del área biológica que se encontraban en los diversos institutos y laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de México. Más adelante, la idea original se modificó para crear un museo de ciencias interactivo. Se decidió que el Museo de las Ciencias fuera original y que incluyera temas relacionados con las ciencias exactas, naturales y sociales, además de aportaciones artísticas; que fuera moderno y que motivara la participación activa del visitante. Para la elaboración del guión museográfico, el diseño de los equipamientos interactivos y la planeación de exposiciones temporales, se invitó a reconocidos especialistas universitarios. Se formó un equipo multidisciplinario de 250 personas con representantes de más de 25 profesiones y oficios como físicos, biólogos, ingenieros, expertos en computadoras, museógrafos, artistas, educadores y escritores. El Museo de las Ciencias estaría formado por más de quinientos equipamientos y un buen número de obras de arte. Se realizaron 39 exposiciones parciales que sirvieron para evaluar la resistencia de los equipamientos, su viabilidad, su calidad pedagógica, su atractivo visual y la respuesta del público al aquel entonces novedoso enfoque interactivo. La mayoría de las exposiciones que forman el museo se diseñaron y construyeron internamente teniendo como público meta principal a los adolescentes. Finalmente, el 12 de diciembre del 1992, se inauguró *Universum*, el Museo de las Ciencias. Hoy, catorce años después, tiene 14 salas y un Espacio Infantil (que atiende a los visitantes de entre cero y seis años); además cuenta con espacios exteriores, como la Senda Ecológica (www.universum.unam.mx). Desde el principio del proyecto se creó un grupo educativo y evaluador que es el antecedente de la hoy Subdirección de Educación no Formal de la DGDC. Este grupo realizaba estudios de público y analizaba los contenidos educativos de las exposiciones. *Universum* fue pionero en este aspecto y ha servido de guía a muchos otros museos de ciencias.

1.6.1 Etapas de desarrollo de una exposición interactiva.

Para desarrollar con éxito una exposición se deben realizar varias etapas en las que se presentan resultados y productos parciales. Éstos deben evaluarse con el fin de hacer las

modificaciones pertinentes antes de invertir más tiempo y dinero en un producto que no va por buen camino. Estas etapas las propuso C. G. Screven y son las siguientes (Flores, 1998).

- 1) Etapa de planeación. En ésta se definen tema, público y mensajes que se quieren transmitir. En este proceso interviene la evaluación previa, que en la bibliografía científica se conoce como *front-end evaluation*. La información que se obtiene ayuda a definir metas y prioridades, jerarquía conceptual, secuencia de los objetivos, terminología, gráficos y textos, así como estrategias para enfrentar los principales obstáculos didácticos. Además del análisis del público se debe examinar también el mensaje. El propósito de estos estudios es organizar los contenidos y objetivos y decidir qué se va a decir y qué no. En la siguiente etapa se define cómo decir el mensaje.
- 2) Etapa de diseño. En ella se establece la planta museográfica, los objetos, iluminación y señalamiento, entre otros. Antes de proceder a la siguiente etapa es recomendable que todos los aspectos mencionados tengan un alto grado de definición. La evaluación efectuada durante la fase de diseño se denomina formativa (*formative evaluation*). Se hace un análisis del impacto de un equipo utilizando público potencial o personal del mismo museo. Para ello se emplean prediseños de los equipos o versiones provisionales de bajo costo. La evaluación realizada es de tipo técnico, didáctico y estético. Los resultados de dicha prueba servirán para elaborar el diseño definitivo.
- 3) Etapa de construcción y montaje. Como su nombre lo indica, en ella se producen los equipos y se integran en una exposición.
- 4) Etapa de ocupación. Se inicia cuando el museo abre sus puertas al público y hace una evolución acumulativa (*summative evaluation*) con visitantes reales. Se debe analizar la exposición como un todo considerando los tres contextos que se mencionaron anteriormente: físico, social y personal. Algunos aspectos por evaluar en esta etapa son: circulación, intereses del público, relación costo-beneficio, respuestas de los visitantes e interpretación del mensaje. Durante la etapa de ocupación intervienen que sólo se presentan cuando se analiza la exposición en su conjunto, por ejemplo, la presencia de multitudes, la fatiga o el ruido, entre otras.
- 5) Etapa de modificaciones y ajustes. En ésta se efectúa una evaluación llamada evaluación correctiva (*remedial evaluation*). Si todas las etapas anteriores se llevaron a cabo adecuadamente, las modificaciones deberán ser mínimas y se aplicarán más sobre el conjunto que sobre los equipos individuales. Los aspectos por rectificar surgen como resultado de la fase de ocupación, puesto que los equipos individuales ya fueron evaluados en la etapa formativa de diseño.

En la siguiente Figura 1.1, se resume de una manera esquemática lo antes expuesto. A partir de la reflexión expuesta en este capítulo se definió un marco conceptual y una estructura organizativa para el Museo *Universum*.

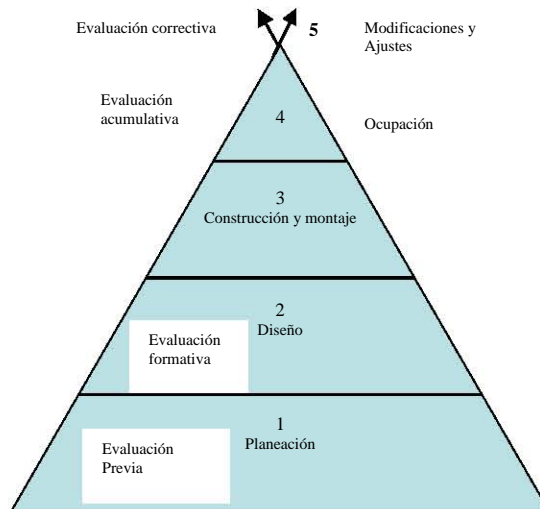


Figura 1.1 Etapas de desarrollo de una exposición, C.G Screven, internacional Laboratory of Visitors Studies (ILVS)

La creación de una exposición interactiva requiere de un conjunto de conocimientos, una metodología a seguir y habilidades de diversa índole que cubran aspectos científicos, educativos y técnicos. Todas estas características se reúnen en un grupo multidisciplinario, acoplado, que se identifica plenamente con el proyecto a fin de alcanzar una meta común, con un responsable del proyecto. La gama de problemas a resolver es tan extensa como variada, por ello se necesita creatividad e imaginación. Es importante que cada uno de los integrantes conozca de antemano qué se espera de él y las decisiones que le corresponden, cuál ha de ser su contribución y área de influencia. Es preciso señalar los resultados que se esperan obtener al finalizar cada una de esas etapas.

Hemos visto cómo la interactividad en los museos de ciencia favorece a la educación no formal e informal y a la divulgación de la ciencia. También describimos cómo se hizo y funciona *Universum* actualmente, y cómo participa de manera primordial en divulgar los temas de más interés y de mayor actualidad. Entre estos se encuentra el de la ciencia genómica, tema de suma importancia que *Universum*, como pionero de la divulgación científica en México, no puede dejar pasar desapercibido y que es el tema de la exposición denominada "Transgénicos, Alimentos del futuro", de donde se genera el presente trabajo.

Capítulo 2. Diseño del equipo interactivo “Origen de un gen transgénico”.

El diseño de un equipo para un museo de ciencias interactivo requiere de un grupo de especialistas (ingenieros, diseñadores industriales y gráficos), con el conocimiento y la experiencia necesarios para transformarlo en producto de costo razonable que requiera un mínimo de mantenimiento y reparación. Este costo de mantenimiento es la erogación inevitable para limpieza, reparaciones menores y posibles modificaciones. Se debe tomar en cuenta que manejarán el equipo personas de diferentes edades, así como grados diversos de preparación.

Para muchos visitantes de un museo de ciencias interactivo, su visita es el primer encuentro con la ciencia. Por ello, los equipos deben ser: sólidos y robustos, de manejo sencillo, contruidos con materiales de uso común, de preferencia de origen local, con gran contenido estético, de fácil limpieza, y con bajo costo de conservación. Es importante que los equipos sean de fácil manejo y comprensión, esto es primordial debido a que el público que los manipula es heterogéneo, con edades que van desde los 3 años en adelante.

El diseño de un equipo interactivo puede enriquecerse con el resultado de experiencias anteriores, ya que si bien no todos son iguales, muchos requieren mecanismos y componentes similares.

En este capítulo se mencionan los puntos importantes que se tomaron en cuenta para llevar a cabo el diseño del equipo interactivo que nos ocupa “*origen de un gen transgénico*”, la selección de materiales y, una breve descripción de su manufactura y ensamble.

2.1 Proceso del diseño.

El proceso de diseño comienza siempre con una necesidad, donde el producto requerido puede ser completamente nuevo o rediseñado. Para lograr los objetivos de diseño, el proceso se realiza a través de etapas o fases que van desde el reconocimiento del problema, hasta la presentación del producto final. Las fases de diseño que sirvieron como guía en este trabajo, son descritas brevemente a continuación (Tabla 2.1).

Fase del proceso de diseño	Método usado para esta etapa.
Clarificación de objetivos	Árbol de objetivos Finalidad: Clarificar los objetivos de diseño y los subobjetivos, así como las relaciones entre ellos.
Establecimiento de funciones de cada parte del equipo	Análisis de funciones (para alcanzar los objetivos) Finalidad: Establecer las funciones requeridas y los límites del sistema del nuevo diseño.
Fijación de requerimientos de cada parte del equipo	Especificación del rendimiento (para desarrollar las funciones y alcanzar los objetivos). Finalidad: Hacer una especificación exacta del rendimiento requerido en la solución del diseño.
Determinación de características	Despliegue de la función de calidad (propuesta del equipo). Finalidad: Fijar las metas a alcanzar de las características de ingeniería del producto, de manera que satisfagan los requerimientos del cliente.

Generación de alternativas	Diagrama morfológico (propuestas alternativas). Finalidad: Generar la gama completa de soluciones alternativas de diseño de un producto y, por lo tanto, ampliar la búsqueda de nuevas soluciones potenciales.
Evaluación de alternativas	Objetivos ponderados (comparar las soluciones) Finalidad: Comparar los valores de utilidad de las propuestas alternativas de diseño, con base en la comparación del rendimiento contra los objetivos diferencialmente ponderados
Mejora de detalles	Ingeniería del valor Finalidad: Aumentar o mantener el valor de un producto para su comprador, reduciendo al mismo tiempo el costo para su productor.

Tabla 2.1 Fases del diseño del equipo origen de un gen transgénico.

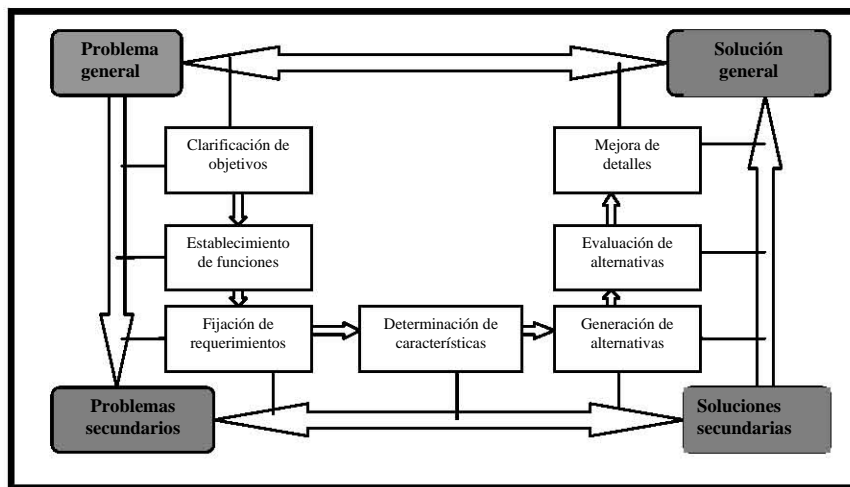


Figura 2.1 Siete etapas del proceso de diseño colocadas dentro del modelo simétrico problema/solución.

En la Figura 2.1 se muestra el modelo simétrico del proceso de diseño utilizado, este modelo de diseño integra los aspectos de procedimiento del diseño con los aspectos estructurales de los problemas de diseño. No debe suponerse que estas siete etapas de diseño, y sus métodos constituyen un proceso invariable para el diseño de un producto.

Los aspectos de procedimiento se presentan mediante la secuencia de métodos (en el sentido contrario de las manecillas del reloj, partiendo de la parte superior izquierdo) y los aspectos estructurales se representan mediante las flechas que muestran la relación conmutativa entre el problema y los problemas secundarios, así como las soluciones secundarias y la solución.

Una vez definida la metodología a seguir, el proceso comienza a tomar una forma real. Se realizan reuniones periódicas con todas las personas y departamentos involucrados, con el fin de unificar conceptos y propuestas sobre cada una de las necesidades y requerimientos del equipo a diseñar.

2.2 Recursos.

Algo muy importante que debe tenerse presente, antes de comenzar cualquier fase del proceso de diseño de un equipo, son los recursos de que se dispone. De ellos dependerá la realización satisfactoria del proyecto. Los equipos son siempre la parte más costosa del proyecto en una exposición.

Los recursos básicos con que se cuentan se dividen en: materiales, humanos y tecnológicos, que se describen a continuación.

- Los recursos humanos con que se cuenta son de tipo especializado, ya que el Museo de las Ciencias “*Universum*”, cuenta con el personal calificado para diseñar y fabricar equipos de manera satisfactoria, dentro de las mismas instalaciones.
- Al utilizar materiales y recursos preferentemente nacionales, se consiguen ventajas en el tiempo de adquisición y en el costo. Además cuando el equipo requiera mantenimiento, estos sean suministrados en el menor tiempo posible, si es que no se tienen almacenados.
- Con las nuevas computadoras, el diseño en ingeniería se ha convertido en un proceso iterativo y paralelo, al poder compartir datos de diseño entre computadoras, haciendo posible la ingeniería concurrente. Un diseño puede ser evaluado desde el punto de vista de funcionalidad y fabricación antes de ser finalizado. Se pueden estudiar rápidamente más diseños conceptuales, permitiendo el desarrollo de mejores productos. El Museo de Ciencias *Universum*, cuenta con un moderno sistema y equipo para el diseño asistido por computadora (AutoCAD, 3D Studio Max., Autodesk Inventor), mismo que permite reducir los costos de desarrollo, aumentar la calidad de los productos y disminuir el tiempo de lanzamiento del producto.
- Cada exposición cuenta con un presupuesto que depende de sus alcances y tamaño, así como de los financiamientos con que se cuente. Por ejemplo la exposición de los transgénicos tuvo apoyo de la compañía “*Agrobío*”.

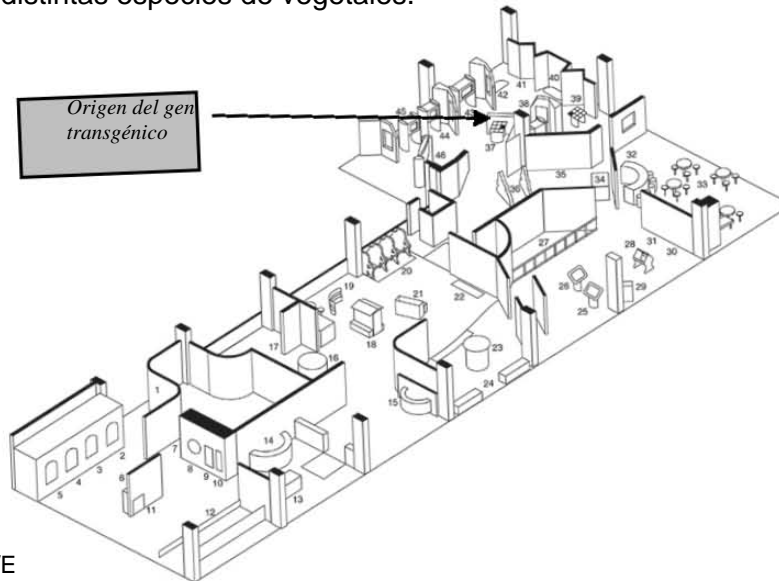
2.3 Ubicación del equipo.

El equipo interactivo del presente trabajo, se diseñó para la exposición permanente, sobre los alimentos transgénicos, de la Sala “Cosechando el sol” del Museo de Ciencias *Universum* de la UNAM. (Figura 2.2). Cosechando el Sol es una sala dedicada a la agricultura y la alimentación.

Con motivo de la creación de la exposición permanente sobre alimentos transgénicos, en el Museo *Universum*, el Dr. Jaime Padilla Acero, asesor científico de la exposición y la M. en C. Verónica Bunge, responsable del proyecto de la exposición, propusieron un equipo interactivo que mostrara las especies receptoras y donadoras en la generación de algunos cultivos genéticamente modificados.

El nombre del equipo, tema de este trabajo es: “Origen del gen transgénico” (Nuevos genes para especies antiguas), y su objetivo general es permitir al visitante conocer

cuales son las especies donadoras y receptoras en la generación de algunos cultivos genéticamente modificados, enfatizando en la naturaleza de los genes que se transplantan a distintas especies de vegetales.



S/E
Figura 2.2 Planta de ubicación de paredes y equipos de la Sala Agricultura y alimentación "Cosechando el Sol".

2.4 Procedimiento de trabajo.

De la necesidad que surge de diseñar un nuevo equipo para el Museo "universum", el cuál en una primera fase solo forma parte de la mente de un científico y de un guión museográfico, y no se tiene más que una idea muy vaga de que es lo que requiere. En este punto es donde se inicia realmente el proceso de diseño, en donde se conjunta toda la información que se dispone, misma que será determinante para cada una de las fases o etapas del proceso. De estas se obtendrán datos o indicadores específicos, que le irán dando un rumbo y forma real al equipo en cuestión. Cada una de estas etapas del proceso de diseño, se apoyan en métodos de diseño conocidos y bien definidos.

La primera tarea que se realiza, es aclarar los objetivos que se persiguen cumplir con el diseño y los subobjetivos, así como la relación entre ellos, posteriormente se establecen las funciones requeridas y los límites del sistema del nuevo diseño, para luego continuar con una especificación exacta del rendimiento requerido en una solución de diseño.

Después se fijan las metas a alcanzar de las características de ingeniería del producto, de tal manera que satisfagan los requerimientos del cliente. A continuación se genera una gama completa de soluciones alternativas de diseño del producto y, por lo tanto, se amplía la búsqueda de nuevas soluciones potenciales. Al final se comparan los valores de utilidad de las propuestas alternativas de diseño, con base en la comparación del rendimiento contra los objetivos diferencialmente ponderados.

2.4.1 Clarificación de objetivos.

Cuando un cliente, un patrocinador o un gerente de una compañía se acercan por primera vez a un diseñador para exponer la necesidad de contar con un producto nuevo, es poco probable que tal necesidad sea expresada con toda claridad. El cliente quizás solo conoce

el tipo de producto que desea y tiene muy poca idea de los detalles, o de las variantes que podrían ser posibles. O bien, la descripción de la necesidad podría ser aún mas vaga: simplemente un “problema” que requiere solución. Por lo tanto, el punto inicial de un diseño es casi siempre un problema mal definido, o un requerimiento relativamente vago. En consecuencia, un importante primer paso en el diseño es tratar de clarificar los objetivos del diseño.

El método del *árbol de objetivos* ofrece un formato claro y útil para el planteamiento. Muestra los objetivos y los medios generales para alcanzarlos; mediante un diagrama se puede ver que los diferentes objetivos se relacionan entre ellos, con el patrón jerárquico de los objetivos y con los objetivos secundarios. El procedimiento para llegar a un árbol de objetivos ayuda a clarificar los objetivos y a que se llegue a un acuerdo entre todas las personas involucradas con el diseño del equipo.

A continuación en la Figura 2.3 mostraremos el árbol de objetivos del equipo “origen de un gen transgénico”, en donde puede observarse como los objetivos generales del equipo se subdividen, y así obtener una gran variedad de soluciones secundarias. Por ejemplo se definieron dos aspectos del objetivo “atractivo”: aspectos relacionados con los usuarios y los no usuarios. El aspecto relacionado con los usuarios, a su vez se subdividió en gran campo visual, poco ruido y texturas, y en tanto que los aspectos relacionados con los no usuarios se subdividió en sin obstrucciones visuales y sin interferencia con otros equipos.

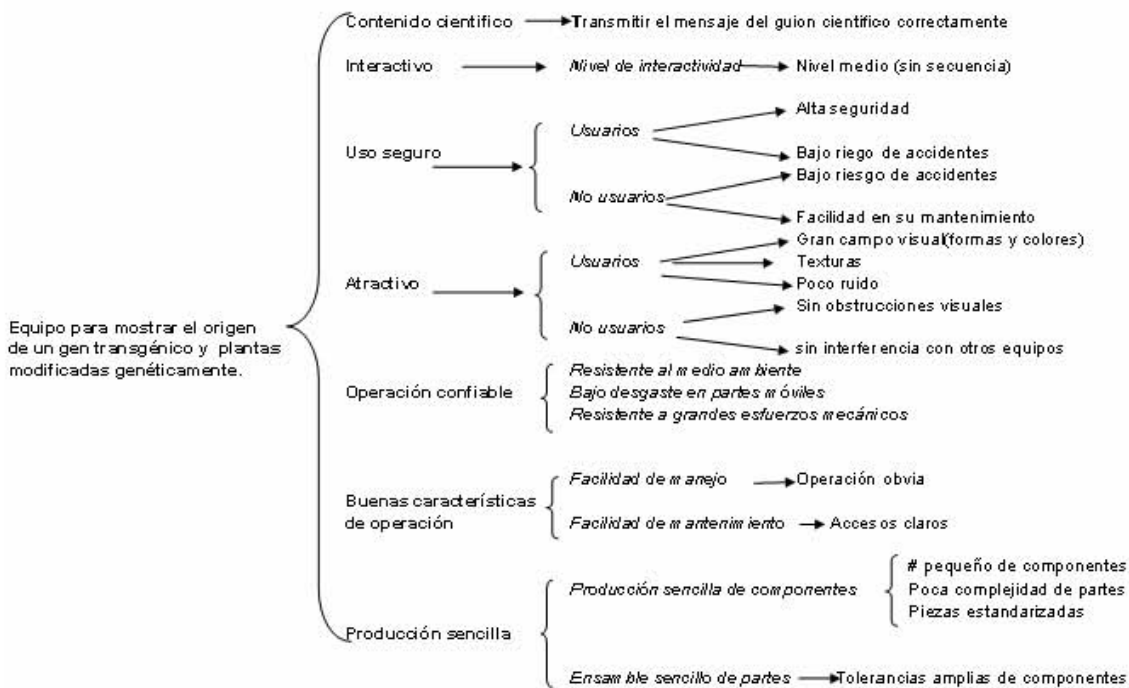


Figura 2.3 Árbol de objetivos del equipo “origen de un gen transgénico”

2.4.2 Análisis de funciones

El punto de partida de este método consiste en concentrarse en lo que el nuevo diseño debe lograr y no en cómo se va a lograr. Esto se puede expresar representando al

producto o dispositivo que se diseña en forma de caja negra (Figura 2.4), la cual contiene todas las funciones que se necesitan para convertir las entradas en salidas.



Figura 2.4. Modelo de sistemas de la caja negra

La transformación del conjunto de entradas en salidas puede ser una tarea compleja en el interior de la caja negra, por lo que es necesario descomponer las funciones generales en funciones o tareas secundarias. Una herramienta que nos puede ayudar es el desarrollar un diagrama de bloques donde interactúen las funciones o tareas secundarias, determinando los límites funcionales para el producto o dispositivo y por último se buscan los componentes apropiados que permitan llevar a cabo las funciones o tareas secundarias y su interacción. A continuación se realiza un análisis de funciones del equipo "origen de un gen transgénico", donde puede observarse que la función general del equipo consiste en convertir información relacionada con los genes modificados y como estos pueden generar plantas transgénicas, en aprendizaje no formal, entretenimiento y divulgación de la ciencia.

Dentro de la caja negra (Figura 2.5) debe haber un proceso compuesto por diversas funciones secundarias, para poder realizar el objetivo planteado anteriormente. Pueden observarse las funciones secundarias esenciales, y los medios para lograr dichas funciones secundarias.

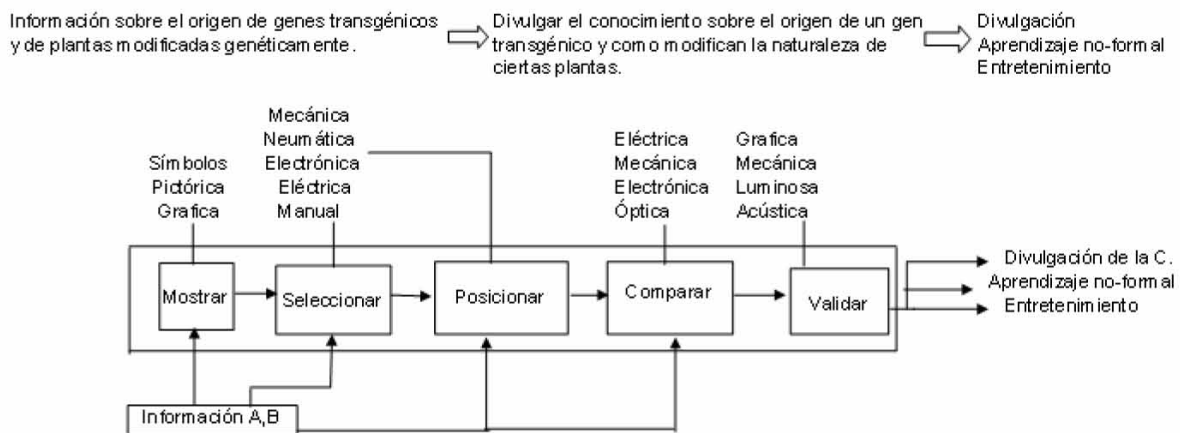


Figura 2.5 Análisis de funciones del equipo "origen de un gen transgénico"

2.4.3 Clasificación de funciones.

Para determinar las funciones que pudieran considerarse, es necesario tener bien definido cuales han de ser, y cual es su importancia para su posterior análisis.

Funciones principales: son las que aportan la utilidad buscada primariamente por el usuario del producto, es decir la razón de la existencia del producto. Designan tareas o fines fundamentales del producto.

Funciones secundarias o auxiliares: una función auxiliar sólo existe para permitir se realice una función principal, o bien para complementarla y mejorarla, aportando valor agregado al producto (ver Figura 2.5). Es en las funciones secundarias donde es más fácil realizar eliminaciones, sustituciones o innovaciones (Marzal, 2004).

2.4.4 Fijación de requerimientos

Los problemas de diseño siempre se plantean dentro de ciertos límites, uno de los límites más importantes, por ejemplo, es el correspondiente al costo. Otros límites comunes pueden ser el tamaño o peso aceptable de una máquina; algunos otros serán requerimientos de rendimiento, tales como la potencia de un motor; algunos más podrían ser establecidos por aspectos legales o de seguridad.

Los planteamientos de los objetivos de diseño o funciones (como aquellos que se derivan del método árbol de objetivos o del análisis de funciones) se consideran como especificaciones de rendimiento. Los objetivos y las funciones son planteamientos de lo que debe lograr o hacer un diseño, pero normalmente no se establecen en términos de límites precisos, que es lo que hace una especificación de rendimiento. Una especificación define el rendimiento requerido y no el producto requerido. El método por lo tanto hace, énfasis en el rendimiento que debe alcanzar una solución de diseño y no en un componente físico en particular como medio para alcanzar dicho rendimiento.

En este caso en particular, el cliente (Asesor científico), formuló este problema en su nivel más bajo de generalidad: el diseño y fabricación de un equipo para mostrar las especies receptoras y donadoras en la generación de algunos cultivos GM.

Después se genero la siguiente lista de atributos (Figura 2.6):

1	Interactivo
2	Se fabricara solo 1 equipo
3	Dimensiones máximas 1mX1mX1m.
4	Peso máximo 100 kg.
5	El equipo a diseñar debe incorporar detalles atractivos al usuario
6	El equipo será fabricado en el taller de "Universum"
7	Seguro para el usuario
8	Seguro para el personal de mantenimiento
9	La información mostrada será responsabilidad de Universum.
10	El equipo no tendrá implicaciones políticas y sociales
11	Utilizar materiales reciclables o reutilizables
12	Resistente a grandes estueros mecánicos
13	Alimentación eléctrica de 120 Vac
14	No consumirá mas de 300 W
15	Tiempo de desarrollo < 6 meses
16	Fácil de instalar
17	Entregar manual de operación y mantenimiento
18	El equipo podrá ser operado por todo tipo de usuarios del museo*
19	El equipo deberá ser operado con los demás equipos de la Sala**.
20	Usar en su diseño materiales fáciles de conseguir en México
21	Fácil acceso para niños y/o discapacitados
22	Operación obvia, manejo sencillo
23	Contornos suaves y de fácil limpieza
24	Operación silenciosa.
25	Vida de servicio 10 años
26	Fácil mantenimiento
27	Usar relaciones estándar
28	Costo máximo total \$10,000.00 MN.

Figura 2.6 Atributos para el equipo "origen de un gen transgénico".

El estudio incluyó un análisis de las características de diseños anteriores, así como la investigación con personal de diversas áreas afines y criterios de ingeniería. Como resultado, se elaboró una especificación de las características generales requeridas o

deseadas en un equipo para el Museo *Universum*, que se muestra en la 2.7 las características se clasifican ya sea como “requeridas” o “deseadas”.

Fijación de requerimientos

Método: Especificación del rendimiento

#Req.	Requerimientos del Cliente	Características	
		Requeridas	Deseadas
1	Interactivo	X	
2	Se fabricara solo 1 equipo	X	
3	Dimensiones máximas 1mx1mx1m.	X	
4	Peso máximo 100 Kg.		X
5	El equipo a diseñar debe incorporar detalles atractivos al usuario		X
6	El equipo será fabricado en el taller de "Universum"	X	
7	Seguro para el usuario	X	
8	Seguro para el personal de mantenimiento	X	
9	La información mostrada será responsabilidad de Universum.	X	
10	El equipo no tendrá implicaciones políticas y sociales	X	
11	Utilizar materiales reciclables o reutilizables		X
12	Resistente a grandes esfuerzos mecánicos	X	
13	Alimentación eléctrica de 120 Vac	X	
14	No consumirá mas de 300 W		X
15	Tiempo de desarrollo < 6 meses	X	
16	Fácil de instalar		X
17	Entregar manual de operación y mantenimiento	X	
18	El equipo podrá ser operado por todo tipo de usuarios del museo*		X
19	El equipo deberá ser congruente con los demás equipos de la Sala**		X
20	Usar en su diseño materiales factibles de conseguir en México		X
21	Operación fácil para niños y/o discapacitados	X	
22	Operación obvia, manejo sencillo		X
23	Contornos suaves y de fácil limpieza		X
24	Operación silenciosa	X	
25	Vida de servicio 10 años	X	
26	Fácil mantenimiento	X	
27	Usar refacciones estándar	X	
28	Costo máximo \$15,000.00 MN		X
29	Transmisión correcta de un concepto científico (en el caso de un equipo de un Museo)	X	

**Sala de Cosechando el Sol (Alimentos transgénicos).

* Museo de Ciencias Universum

Figura 2.7 Especificación del rendimiento para el equipo "origen de un gen transgénico"

2.4.5 Determinación de las características de diseño

Normalmente existen conflictos entre la gente de mercadotecnia e ingeniería debido a que el enfoque que se le dan al producto en cada una de esas áreas, por ejemplo, desde el punto de vista de mercadotecnia, son más importantes los atributos deseables del producto e ingeniería se concentra normalmente en las características técnicas del producto en términos de sus propiedades físicas. La relación entre los atributos de un nuevo producto y sus características es muy cercana y esto es lo que ocasione dicho conflicto, sin embargo, se debe tener bien claro la diferencia entre ambos para poder tomar la decisión adecuada y para esto se debe tener en cuenta que finalmente, es responsabilidad del diseñador sobre la determinación de las propiedades físicas del producto y esto determina sus características técnicas y finalmente éstas determinan los atributos del mismo.

Un método completo para establecer la relación entre los requerimientos del cliente y las características de ingeniería es el método del despliegue de la función calidad, por sus siglas en inglés (QFD) "Quality Function Deployment (Dieter, 2000); este método establece que la persona que compra el producto es quien finalmente determina el éxito o fracaso del mismo y por lo tanto es el elemento más importante en el proceso de diseño de un nuevo producto para establecer los atributos del mismo, lo que nos lleva a que

también se debe tener cuidado en quien será el usuario final y escuchar con mucho cuidado lo que los usuarios dicen para determinar las características técnicas del producto (Figura 2.8).

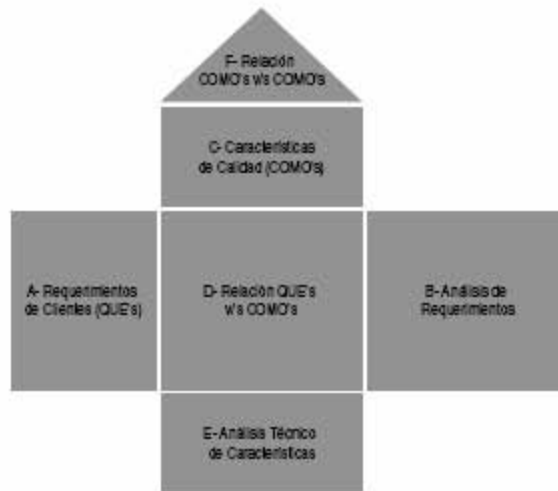


Figura 2.8 Matriz de la casa de calidad.

Este método consiste en los siguientes pasos (Nigel, 1997, Dieter, 2000).

1. Identificación de los requerimientos del cliente en términos de atributos del producto.
2. Determinar la importancia relativa de los atributos.
3. Evaluar los atributos en comparación con los que se encuentran en el mercado.
4. Elaborar la matriz de los atributos del producto contra las características de ingeniería.
5. Identificar la relación entre características de ingeniería y los atributos del producto.
6. Identificar cualquier interacción relevante entre las características de ingeniería.
7. Fijar las cifras meta que deben alcanzarse en las características de ingeniería.
8. Calcular la importancia relativa para cada una de las características técnicas

1.- Identificar los requerimientos del cliente

Existen diferentes técnicas de investigación del mercado para reunir toda la información sobre qué es lo que se espera de un nuevo producto y cuales son sus preferencias; dentro de estos métodos se encuentran las llamadas “clínicas”, en las cuáles los usuarios de un determinado segmento de la población (hacia donde se pretende dirigir el nuevo producto) son entrevistados sobre que es lo que les gusta o disgusta del producto o bien los llamados “cuartos de prueba” (Nigel, 1997) en donde se colocan diferentes productos de características similares y los usuarios son cuestionados sobre que es lo que opinan sobre cada uno de los productos y se analizan también las reacciones que estos tienen al inspeccionar los productos ya que estas reacciones proporcionan información muy valiosa para el diseñador. Los comentarios que normalmente se obtienen de estos métodos son normalmente en términos de los atributos generales del producto y son clasificados como, “es fácil de usar”, “no me gusta su color o textura”, etc., es por eso que estos requerimientos del cliente son considerados como atributos del producto y no como requerimientos técnicos (Nigel, 1997). A continuación se enlistan 29 parámetros técnicos

que podrían causar conflicto en el proceso de diseño del equipo. Lo primero que se hace es localizar los principios de ingeniería que entran en conflicto. A partir de ellos, es posible encontrar que principio hay que modificar, que principio genera un efecto secundario indeseable y por tanto formular un conflicto técnico.

1. **Envío.**- Se tiene que determinar cómo va a ser transportado el producto para determinar el tipo de contenedor que ocupara
2. **Empaquetamiento.**- De acuerdo al diseño del producto, se requiere diseñar el empaque en donde se va a transportar, almacenar, etc.
3. **Cantidad.**- Dependiendo de la cantidad que se pretenda producir, se deberá de establecer el tipo de herramental, como herramental suave o productivo
4. **Planta de producción.**- Uno de los requerimientos más importantes en el diseño de nuevos productos es en relación con las facilidades con las que se cuenta para producirlo, es decir, si ya existe una planta de producción, ¿qué necesita para soportar la producción de este nuevo producto? Y si no existe dicha planta, ¿qué características debe de tener la misma para producirlo?
5. **Tamaño.**- Otra de las consideraciones que se deben tomar en cuenta el tamaño del producto al inicio del mismo debido a que posteriormente se pueden tener problemas en la instalación o ubicación en el lugar donde se vaya a utilizar
6. **Peso.**- El peso normalmente esta ligado al tamaño y costo del producto, sin embargo, también es importante para el transporte, el manejo (al producirlo y usarlo), el uso, el almacenaje, etc.
7. **Estética, apariencia y acabado.**- El color, la forma, la textura, el acabado, deben ser considerados en el inicio del diseño y se debe de tener la participación de todas las áreas, como mercadotecnia, diseño, ventas, producción, usuario, etc.
8. **Materiales.**- La elección de los materiales es decisión enteramente del diseñador, sin embargo, se debe tener en cuenta algunas consideraciones como el costo y que no sea materiales tóxicos.
9. **Tiempo de vida estimado.**- Se debe considerar desde el punto de vista de mercadotecnia, cuanto va a ser el tiempo que el producto se mantenga en el mercado en base a lo que dicte la competencia.
10. **Estándares y especificaciones.**- Se deben considerar los destinos que va a tener el producto para determinar con que estándares debe cumplir para evitar que una vez terminado el producto, se tenga que hacer modificaciones al diseño porque se pretende exportar a otros países.
11. **Ergonomía.**- Todo producto debe cumplir una cierta relación Hombre-máquina. Por esto se debe considerar la relación que va a tener el producto con el usuario como la altura, el alcance, la fuerza del usuario, los torques de operación, etc.
12. **Usuario.**- Normalmente en este apartado se piensa en la persona que va a ser el usuario final, sin embargo, existen otras personas que están en contacto con el producto desde el momento en el que se esta fabricando, hasta que llega a las manos del usuario final y se deben considerar las necesidades de todos aquellos que entran en contacto con el producto.
13. **Calidad y confiabilidad.**- Este es uno de los elementos más difíciles de establecer en términos absolutos, sin embargo, se deben de plantear niveles de calidad y confiabilidad que garanticen el éxito del producto en el mercado.
14. **Almacenaje.**- Este es uno de los elementos de la especificación que normalmente se pasan por alto, pero debido a esto, posteriormente se tienen reclamos por corrosión, partes defectuosas, o diferentes reclamos que surgen por la manera en la que se esta almacenando el producto.

15. **Procesos.**- Otro de los elementos que se deben considerar con que otros procesos va a interactuar el producto, por ejemplo, si va están en contacto con algún cableado, con algún pintado, etc.
16. **Tiempo.** Este es uno de los elementos que normalmente son establecidos de manera errónea y por tal motivo, difíciles de cumplir y es por esta razón por la que es de suma importancia el determinar el tiempo necesario para cada una de las etapas del diseño.
17. **Pruebas.**- Existen dos tipos de pruebas que normalmente se le hacen al producto terminado, las de planta y las del lugar de uso. Este elemento esta ligado estrechamente al punto de calidad y confiabilidad, ya que si no se consideran las suficientes pruebas o las pruebas adecuadas para un producto determinado, resultaría muy costoso el modificar un diseño ya terminado para cumplir un requerimiento específico del usuario.
18. **Seguridad.**- Los aspectos de seguridad son de suma importancia ya que se deben de cumplir con las regulaciones existencia en cada uno de los destinos del producto. Estas regulaciones abarcan desde instrucciones de uso como mínimo requerimientos de funcionamiento que se debe cumplir. Para verificar que esto se cumpla existen diversas agrupaciones como "Health and Safety at work Acts, EEC and North American, etc.
19. **Legal.**- Este en conjunto con la seguridad es uno de los elementos que se consideran como disparadores de la especificación que aplican para todos los producto ya que el diseño es el responsable de la mayoría de las fallas.
20. **Restricciones del mercado.**- Se debe considerar la retroalimentación del mercado ya que es la respuesta que se tiene por adelantado del éxito que pudiera tener el producto.
21. **Datos de patentes, literatura y productos.**- Se deben investigar todas las áreas que nos puedan proporcionar información para evitar el hacer uso o duplicar patentes.
22. **Implicaciones políticas y sociales.**- Se debe investigar el efecto que pudiera tener en la estructura social o política del mercado para el que este destinado el producto como por ejemplo, puede disparar la necesidad de contar con accesorios adicionales lo que ocasionaría movimientos en el mercado.
23. **Instalación.**- Muchos productos deben interactuar con otros o bien ser conectados a otros y esto debe considerarse en la PDS
24. **Consumo de energía.**- Aquí intervienen tanto la energía que usara el producto, como la que se necesita para producirlo.
25. **Entrenamiento del usuario.**- Esto se debe considerar principalmente en productos dinámicos o aquellos que se requiera de cierta habilidad para manejarlos por lo que se debe incluir en las especificaciones la creación de manuales de operación y esquemas de entrenamiento.
26. **Ventas potenciales.**- Obviamente se tiene un objetivo de ventas en todo diseño y esto determina el cómo se debe hacer dicho producto y como se debe comercializar.
27. **Documentación.**- La documentación del producto es siempre importante en términos de instrucción del usuario o mantenimiento y llega a ser determinante como ya se comento en diseños dinámicos.
28. **Desecho.**- Este elemento de la especificación comúnmente no se toma en cuenta, sin embargo es de suma importancia y más cuando en el producto o en su empaquetamiento se consideran materiales tóxicos o reciclables.
29. **Transmisión correcta de un concepto científico.**- en el caso de un equipo para un museo.

2.- Determinar la importancia relativa de los atributos.

Para evaluar las respuestas del cliente podríamos calcular la puntuación promedio calificando cada respuesta usando una escala de 1 a 5, en donde el 1 significa importancia baja y el 5 importancia alta. Aquellas preguntas que reciban la más alta calificación representan aspectos del producto que tienen mayor relevancia para el cliente. Adicionalmente se puede tomar nota sobre las veces en que algún atributo del producto es mencionado en la encuesta, y se divide entre el número total de encuestados.

De las respuestas obtenidas en esta encuesta deberíamos usar aquellas que califican una característica del diseño tanto con 4 como con 5. Vale la pena mencionar que un cuestionario de este tipo realmente mide lo obvio de una necesidad como opuesta a la importancia necesaria. Para obtener la verdadera importancia, es necesario llevar a cabo entrevistas cara a cara en grupos focales y registrar las palabras literales del cliente entrevistado para después estudiar estas respuestas cuidadosamente (Figura 2.9). También es importante tomar en cuenta que frecuentemente los entrevistados omitirán hablar sobre aquellos factores que son realmente importantes para ellos porque son muy obvios como la durabilidad y la seguridad.

Es importante dividir las necesidades del cliente en dos grupos: Restricciones forzosas que absolutamente deben ser satisfechas y requerimientos “suaves” que pueden ser cubiertos por otros requerimientos. Las necesidades del cliente pueden ser identificadas de mejor manera en encuestas con grupos focales o por medio de una encuesta escrita donde se seleccionen los puntos de mayor calificación. La frecuencia relativa de respuestas de una encuesta puede ser mostrada en una gráfica de barras (Figura 2.10) o en un diagrama de Pareto. En la gráfica de barras, la frecuencia de respuestas para cada una de las preguntas es registrada en el mismo orden del número de pregunta y en el diagrama de Pareto, la frecuencia de respuestas es arreglada en orden decreciente, con el punto de más alta frecuencia al inicio del eje “x”. Con esta gráfica se identifica claramente los requerimientos más importantes del cliente y los más vitales.

En las siguientes Figuras (2.9 y 2.10), se puede observar claramente que requerimientos técnicos tienen mayor peso dentro del diseño del equipo “origen de un gen transgénico” y por tanto incidirán de manera importante dentro del mismo proceso.

Análisis de Frecuencia relativa

#	Requerimientos técnicos	A			B			C			D			E			F			No. De respuestas con valor 3 o	Frecuencia relativa	Promedio			
		1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5						
1	Almacenaje	x				x				x		x				x			x		4	66.67	2.3		
2	Calidad y confiabilidad			x			x				x			x			x			x		6	100.00	5	
3	Cantidad a producir		x				x			x			x				x		x			4	66.67	2.3	
4	Consumo de energía	x					x				x	x					x				x	4	66.67	3	
5	Costo			x				x				x					x				x	6	100.00	5	
6	Datos de patentes, iterativa y productos		x				x				x			x			x			x		6	100.00	3	
7	Deshecho	x					x				x	x					x			x		4	66.67	2.3	
8	Documentación			x				x				x						x		x		6	100.00	4.3	
9	En paquete tamaño	x				x				x	x				x					x		2	33.33	1.67	
10	Estabilidad del estado		x				x				x			x				x			x	6	100.00	3	
11	Estado	x					x				x	x					x			x		4	66.67	2.3	
12	Ergonomía		x					x			x			x				x		x		6	100.00	3.67	
13	Estándares y especificaciones			x				x				x			x			x			x	6	100.00	5	
14	Estética, apariencia y acabado			x				x				x			x				x			x	6	100.00	4.3
15	Implicaciones políticas y sociales		x					x				x			x				x			x	6	100.00	3
16	Instalación	x						x				x	x					x			x	4	66.67	3	
17	Legal	x						x				x	x					x			x	4	66.67	2.3	
18	Materiales		x					x				x	x					x			x	6	100.00	4.3	
19	Peso		x					x				x			x				x			x	6	100.00	3
20	Planta de producción		x					x				x						x			x	6	100.00	3	
21	Procesos			x				x				x					x			x		6	100.00	4.3	
22	Pruebas			x				x				x					x			x		6	100.00	3.5	
23	Restricciones de tiempo	x						x				x						x		x		2	33.33	1.67	
24	Seguridad			x				x				x						x			x	6	100.00	5	
25	Tamaño (dimensiones)		x					x				x			x						x	6	100.00	4	
26	Tiempo de desarrollo			x				x				x			x						x	6	100.00	4.3	
27	Tiempo de vida estimado		x					x				x	x								x	6	100.00	4	
28	Uso			x				x				x			x					x		6	100.00	5	
29	Transferencia correcta de información			x				x				x			x					x		6	100.00	5	

1= Mínima importancia
3= Importante
5= Muy importante

Frecuencia relativa de requerimientos del cliente

Figura 2.9 Frecuencia relativa de requerimientos del cliente para el equipo “origen de un gen transgénico”.

Análisis de frecuencia relativa

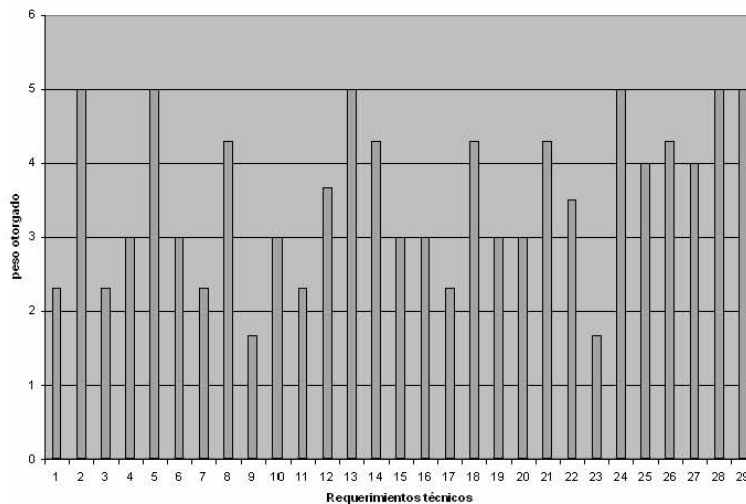


Figura 2.10 Grafica de barras de la frecuencia relativa

3.- Evaluar los atributos en comparación con los que se encuentran en el mercado

Para establecer esta estimación se considera primeramente la importancia que representa el producto para el cliente, y este valor sale de la encuesta que se le hace al mismo sobre la importancia que cada uno de los requerimientos representa para cada uno de ellos en una escala de 1 – 5, donde 5 es el más alto y 1 el más bajo. En esta región del QFD es liderada por el valor que el cliente le da a los productos existentes en el mercado comparado contra lo que propone el nuevo producto, este valor es nuevamente dado con valores entre 1 – 5 como ya se mencionó anteriormente. La relación entre el valor del producto nuevo y el ya existente nos da como resultado la “relación o rango de mejora”.

Como la idea es proporcionar un producto más atractivo para el cliente que los ya existentes debido a características especiales, se espera que estas características nos ayudes a introducir este producto con mayor facilidad en el mercado, a estas características especiales se les llama “puntos de venta, los cuales deben ser “calificados” recibiendo un valor de 1.5 los que nos darían un alto punto de compra y 1.3 los que nos darían un bajo punto de compra

4- Elaborar la matriz de relaciones, los atributos del producto contra las características de ingeniería (Casa de calidad).

Cada casilla de la matriz de relaciones es un cruce entre una demanda y un requerimiento técnico, e indica qué porcentaje de cada parámetro del diseño afecta a cada una de las demandas del cliente, en este caso se califica con 5 para una relación muy fuerte, 3 para una relación fuerte, la débil 1 y 0 para indicar una relación nula (Figura 2.11).

5.- Identificar la relación entre características técnicas y atributos del producto

En esta se establece la relación existente entre las características de diseño y los requerimientos del cliente. Una relación muy fuerte vale 5, la relación fuerte vale 3 y una relación débil 1 y la nula vale 0 (Dieter, 2000). El objetivo es garantizar que cada requerimiento del cliente o atributo del producto está siendo cubierto por una característica del diseño. Si algún renglón de los atributos permanece en blanco, el equipo de trabajo deberá analizar si es algo que realmente necesita el cliente y si esto es cierto, entonces se le debe relacionar con una o más características de diseño. De igual manera se procede en caso de que alguna columna de características técnicas permanezca en blanco, lo que significaría que se está estableciendo una especificación para cubrir algo que no es una necesidad del cliente. En esta figura 2.11, se muestra la matriz de interacciones de despliegue de la función de calidad preparada para este problema de diseño. Se entrevistó a personas relacionadas con las exposiciones en el Museo *universum*, y se les preguntó que características les gustaría ver incorporadas en un equipo nuevo, y luego se organizó esta información (conservando “la voz del cliente” tanto como fue posible) en atributos del producto. Algunos requerimientos eran “ineludibles”, es decir, deberían satisfacerse de manera absoluta, en tanto que otros podían ponderarse relativamente entre ellos.

Requerimientos del cliente	Requerimientos técnicos																					
	Importancia para el cliente	Inte cambio	Equipo nuevo	Diferencias en altura: 1m x 1m x 1m.	Seguro para el trabajo	Seguro para el personal de montaje in situ	La información correcta se debe de recibir en el momento de la obra	Presión fuerte a grandes esfuerzos mecánicos	Alimentación eléctrica de 120 Vdc.	Tiempo de desarrollo <= 6 meses	Entregar manual de operación y mantenimiento	Operación móvil para ríos y/o diques/canales	Operación a la bolsa	Urbano de tamaño 10 años	Facil montaje in situ	Usar tecnologías estándar	Costo máximo de fabricación \$25,000,000 MXN	Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Imp. Comp. De la demanda	Peso(%)
Calidad y confiabilidad	4.6	1	0	0	5	5	1	5	0	1	3	5	5	5	3	0	5	5	1.1	1	5	6.1
Costo tiempo de entrega	4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0.8	1	3	3.6
Costo	4.6	5	5	5	3	1	0	5	0	3	3	5	5	5	3	5	5	5	1.1	1	5	6.1
Documentación	3.6	0	1	0	0	3	0	0	0	1	5	0	0	0	5	0	1	5	1.4	1	5	6.1
Easeo	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1.0	1	3	3.6
Ergonomía	4.3	1	0	0	1	0	0	0	0	5	0	5	3	1	1	0	5	5	1.2	1.5	7.5	9.1
Eficiencias y especificaciones	5	0	0	1	0	3	0	3	1	5	1	3	3	5	3	3	5	5	1.0	1	5	6.1
Estética, apart de la y acabado	4.6	0	1	5	1	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	5	5	1.1	1.5	7.5	9.1	
Implicaciones políticas y sociales	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1.0	1	3	3.6	
Instalación	3.3	0	3	5	3	3	0	0	5	1	1	0	1	3	3	1	3	0.9	1	3	3.6	
Materiales	4.6	3	1	0	5	3	0	5	0	1	0	0	1	5	1	0	5	5	1.1	1	5	6.1
Procesos	3.6	1	1	3	3	3	0	0	1	5	0	3	5	3	3	5	5	1.4	1	5	6.1	
Seguridad	5	1	0	1	5	5	0	3	3	1	3	0	1	0	3	0	3	5	1.0	1.5	7.5	9.1
Tamaño (dimensiones)	4.3	0	0	5	0	0	3	0	1	0	3	0	0	3	0	5	3	0.7	1	3	3.6	
Tiempo de desarrollo	3.6	3	5	1	3	3	1	3	1	5	3	5	3	5	3	1	5	5	1.4	1	5	6.1
Tiempo de vida estimado	4.6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	3	0	5	5	1.1	1	5	6.1	
Uso	4	5	0	0	5	0	0	5	0	1	1	5	5	5	0	0	5	1.3	1	5	6.1	
Importancia ponderada		110	90.5	128	182	159	25	162	67.5	169	126	167	167	214	178	63	301	2306				
IP normalizada		4.77	3.92	5.55	7.87	6.9	1.08	7	2.93	7.31	5.44	7.22	7.24	9.28	7.72	2.73	13	100				
Relación muy fuerte = 5		Relación débil = 1																				
Relación fuerte = 3		Sin relación = 0																				

Matriz de interacciones de requerimientos para el equipo "origen de un gen transgénico"

Figura 2.11 Matriz de interacciones de requerimientos para el diseño del equipo "origen de un gen transgénico"

6.- Identificar cualquier interacción entre las características técnicas

En esta parte (el "techo" de la casa de calidad), se registran las posibles interacciones entre los requerimientos del cliente y las futuras decisiones de mercado. Se puede encontrar que algunos requerimientos técnicos van a tener un impacto negativo por necesitar de una mayor inversión o un mayor costo de manufactura y por otro lado también se tendrá algunas que den un impacto positivo (Figura 2.12).

La importancia absoluta que tiene cada característica de diseño se calcula multiplicando cada una de las celdas de la matriz de relación por su peso relativo y sumando todos los valores que intervengan en la columna analizada. Calcular la importancia relativa para cada una de las características técnicas, es el resultado de dividir cada importancia absoluta entre la suma de todos los valores de dicha importancia. Con esto son identificaremos cuales son requerimientos técnicos más importantes que debe tener el producto. Después de esto, se necesita establecer valores objetivo para aquellas características de diseño que puedan ser cuantificadas, se registra las unidades en las que se expresaran esas características y la dirección que nos indique si es mejora (↑), deterioro (↓) o es lo mismo (S), si (Y) o no (N) o simplemente cuál de las características será considerada en el diseño (X) (Dieter, 2000).

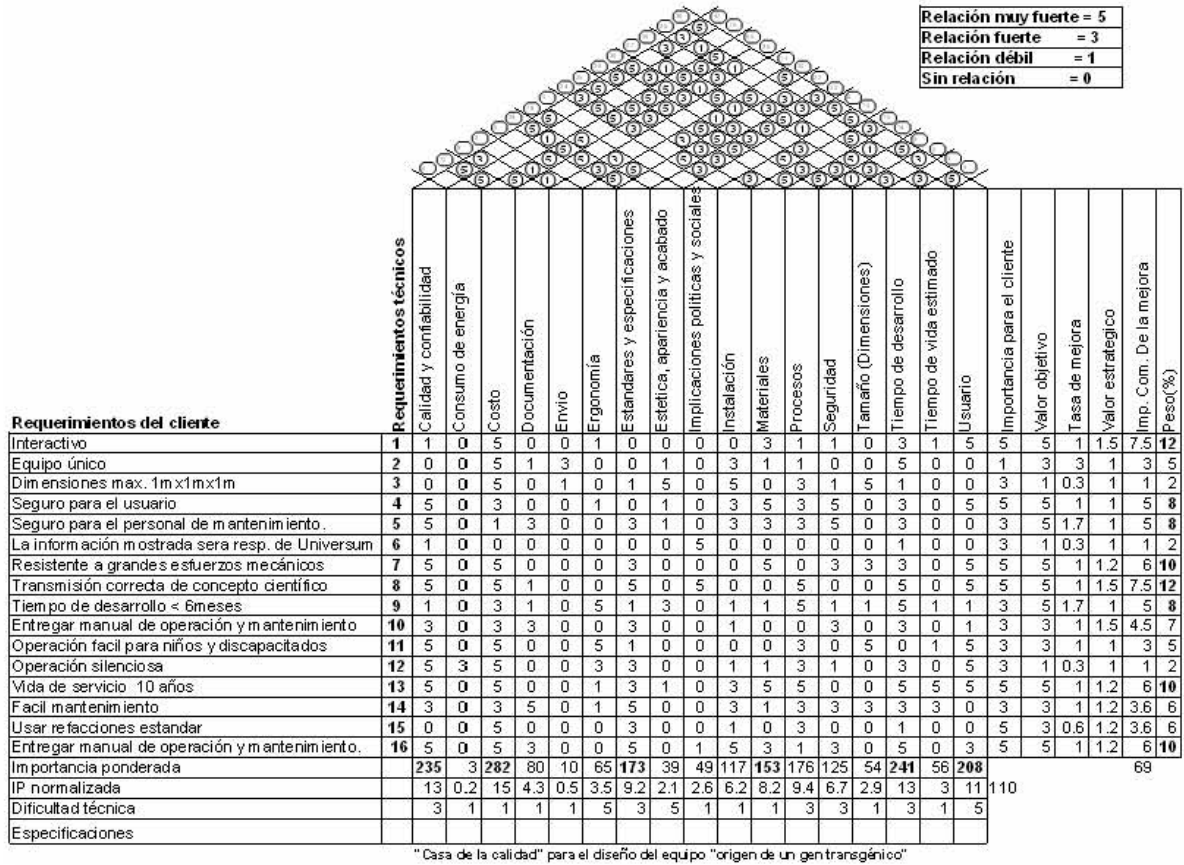


Figura 2.12 “Casa de la calidad” para el equipo “origen de un gen transgénico”.

En la figura 2.12 se muestra la “casa de la calidad” final desarrollada completamente. Se determinaron medidas objetivas de las características relevantes de ingeniería para el producto actual. En el “techo” del a matriz se muestran las interacciones favorables y no favorables entre las características de ingeniería.

2.4.6 Especificaciones del producto.

Los problemas de diseño se plantean dentro de límites específicos, por ejemplo, el costo es uno de los límites más importantes en cualquier problema de diseño y que deben tomarse en cuenta para poder establecer la solución. Es decir, en la solución se debe de considerar cuánto está dispuesto a pagar el cliente por el producto que se está diseñando.

Otro límite es la duración del producto, es decir, cuánto tiempo espera el cliente que su producto funcione sin que le ocasione problemas de funcionamiento, y de esta manera se tienen muchos límites desde el punto de vista cliente. Sin embargo, éstos no son los únicos límites a los que un diseño está sujeto. Existen además los límites establecidos por el fabricante, los establecidos por el mercado donde se comercializará finalmente el producto, los límites de funcionamiento, límites legales, de seguridad, etc.

Todos estos límites pre-establecidos comprometen y determinan de alguna manera la especificación de un nuevo producto y suele creerse que son las “especificaciones de diseño” (Nigel, 1997). Los objetivos y funciones no siempre están determinados en términos de las especificaciones. Por esta razón y para tener una especificación precisa de un producto determinado se sugiere.

- a. Considerar los diferentes niveles de solución que pudieran aplicar
- b. Determinar el nivel de solución en el que se va a trabajar (esto es determinado normalmente por el cliente y es donde el diseñador tiene más libertad)
- c. Identificar los atributos que debe contener el diseño para cumplir con los requerimientos del cliente.
- d. Establecer requerimientos técnicos precisos para cada uno de los atributos identificados previamente.

Para esto, se proporciona el “check list” (Figura 2.7) que debe ser consultado por el diseñador además de identificar lo que “debe” tener y lo que es “deseable” que tuviera el producto.

2.5 Generación de alternativas

Lo más importante dentro del diseño es el generar alternativas de solución ya sea con nuevas propuestas o solo variantes o modificaciones de productos ya existentes que es cómo se realizan la mayor parte de los diseños, siendo estos un arreglo diferente o combinación de elementos básicos.

Para el manejo del número de arreglos o combinaciones se puede recurrir al método del diagrama morfológico el cual esta integrado por los elementos, componentes o soluciones secundarias que se pueden combinar en busca de una solución. La finalidad de este método es encontrar un gran numero de soluciones alternativas de diseño y de esta forma encontrar nuevas soluciones.

Como primer paso de este método es elaborar una lista de características o funciones esenciales para el producto, también conocidos como parámetros de diseño. Los elementos de esta lista deben ser independientes entre si y tener el mismo valor de generalidad. Después para cada función se deben mencionar los medios por los cuales se pueden realizar incluyendo nuevas ideas, componentes o soluciones secundarias existentes. A partir de las listas anteriores se construye un diagrama morfológico el cual representa el total de soluciones posibles para el producto conformado por las combinaciones de soluciones secundarias. Se pueden obtener un gran número de soluciones, por eso es necesario identificar las soluciones factibles guiándose por medio de restricciones o criterios.

2.5.1 Evaluación de alternativas

Cuando se tiene una serie de diseños alternativos, es necesario seleccionar el mejor. La forma de evaluar estas alternativas es considerando los objetivos que debe alcanzar el diseño, pero puede considerarse que cada objetivo tiene diferente valor. Por lo que se requiere de un método para poder diferenciar los objetivos. El método de objetivos ponderados sirve para evaluar y comparar los diseños alternativos, empleando los objetivos de acuerdo a su valor. Para lo cual es necesario contar con criterios basados en lo que se quiere lograr con el diseño. “Los objetivos incluyen factores técnicos y económicos, requerimientos de los usuarios, requerimientos de seguridad, etc.

Es necesario elaborar una lista completa. Siempre que sea posible, un objetivo debe plantearse de tal forma que pueda hacerse una evaluación cuantitativa del rendimiento alcanzado por un diseño con respecto a dicho objetivo. Algunos objetivos están relacionados inevitablemente con los aspectos cualitativos del diseño; a éstos se les pueden asignar posteriormente " calificaciones", pero deberá tenerse presente la advertencia acerca de las limitaciones del empleo de la aritmética.

Una parte importante de este método es ordenar la lista de objetivos, desde el más importante hasta el de menor valor. Después se asignan valores numéricos a los objetivos representando su peso con relación a otros objetivos. Se establecen los parámetros de rendimiento para cada uno de los objetivos mediante una escala sencilla de puntos ejemplo Tabla 2.2

Escala de once puntos	Significado	Escala de cinco puntos	Significado
0	solución totalmente inútil	0	inadecuada
1	solución inadecuada		
2	solución muy mala	1	débil
3	solución mala		
4	solución tolerable		
5	solución adecuada	2	satisfactoria
6	solución satisfactoria		
7	solución buena	3	buena
8	solución muy buena		
9	solución excelente	4	excelente
10	solución perfecta o ideal		

Tabla 2.2 Escala de puntuación

Por ultimo se multiplica cada calificación de los parámetros por su valor de importancia o peso. La mejor alternativa tiene el valor más grande de la suma, la comparación y discusión de estos valores puede ser una mejor herramienta en el diseño.

2.5.2 El método del diagrama morfológico.

El objetivo de la diagrama morfológico es el tratar de identificar las características esenciales que se deben de incorporar al producto que se está diseñando y son comúnmente conocidos como "parámetros" de diseño (Nigel, 1997) El método de la carta morfológica, como muchos métodos de diseño propone hacer el análisis desde el punto de vista de la función que van a cubrir los componentes más que del componente físico en sí.

De las funciones detectadas en el presente trabajo, la carta morfológica muestra en la tabla siguiente algunos de los medios por los cuales se puede cubrir cada una de ellas y son sobre los cuales se desarrollo la selección.

Características.					
Medios	Valor exacto	Velocidad de cambio	Información discreta	Ajuste al valor deseado	Puntaje
Contador digital	2	0	2	1	5
Indicador mecánico	0	0	2	0	2
Indicador luminoso	0	0	2	0	2
Presentación simbólica	0	0	2	0	2
Presentación gráfica	1	1	2	2	6
Presentación pictórica	1	2	2	2	7

Tabla 2.3 Medios para mostrar información

0 = No adecuado
 1= Aceptable
 2= Recomendado

Tomando en cuenta que lo que se desea que el equipo haga principalmente es que el usuario observe información y la relacione entre si, la presentación en forma pictórica o gráfica pueden cumplir completamente con las características requeridas para el diseño y además tienen la puntuación más alta, por los costos fijados se toma la decisión de mostrar la información en forma gráfica, misma que califica con un puntaje aceptable de los requerimientos del diseño.

Mandos para accionar dispositivos

	Control	Dimensiones mm.	Fuerza N Momento Nm.		2 posiciones	>2posiciones	Ajuste preciso	Ajuste rápido	Activación accidental
			D	M					
Movimiento giratorio	Volante	D:160-800 d: 30 - 40	160-200mm	2-40 Nm	2	2	4	2	2
			D	M					
	Perilla	D :25 – 100 h : >20	15 - 25	0.02 – 0.05 Nm	3	3	4	2	2
D			M						
Selector giratorio	l: 30 – 70 h: >20 b: 10 - 25	30mm 30 – 70 mm.	0.1 – 0.3 Nm. 0.3 – 0.6 Nm	4	4	3	1	2	
		l	M						
Movimiento lineal	Push Boton	Dedo : d>15 Mano: >50 Pie: d>50	Dedo : F=1 – 8 N Mano: F = 4 – 16 N Pie: F= 15 – 90 N	4	0	0	4	0	
	Cursor	l : >15 b : >15	F=1- 5N	4	3	2	2	4	
	Asa o jaladera	d : 30- 40 b : 110 - 130	F = 10 -200 N	4	4	2	2	0	
Movimiento rotatorio	Palanca	d : 30 – 40 l : 100 - 120	10 – 200 N	4	4	3	2	0	
	Joystick	S: 20 – 150 d : 10 -20	5- 50 N	4	4	4	2	0	
	Disco rotatorio	d : 12 – 15 D: 50 - 80	F : 1- 2 N	4	1	0	1	3	

Tabla 2. 4. Cuadro morfológico de mandos

Para el equipo “origen de un gen transgénico”, se eligió un mando de accionamiento del prisma, por medio de una perilla, para posicionar la información B, se eligió un sistema con movimiento lineal, similar a un cursor. Mismos que cumplen con los requerimientos de ingeniería.

Diagrama morfológico del equipo “Origen de un gen transgénico”.

Funciones							
Mostrar información	Posicionar información		Seleccionar	Comparar	Validar información	Accionamiento	Transmitir movimiento
	Forma lineal	Con giro					
Símbolos	Cursor	Perilla	Manual	Mecánica	Sonora	Mecánico	Bandas
Grafica	Asa o jaladera	Volante	Automática	Electrónica	Indicador luminoso	Eléctrico	Cadenas
Pictórica	Push boton	Manivela		Eléctrica	Indicador mecánico	Electrónico	Engranés y flechas
		Selector				Neumático	Hidráulica
		Disco rotatorio				Hidráulico	Cable flexible
						Vapor	

Tabla 2.5. Una combinación seleccionada de soluciones secundarias a partir del diagrama morfológico.

2.5.3 Criterios para la selección de materiales.

Los materiales se eligen de modo que satisfagan los tres criterios generales, a saber: perfil de propiedades, perfil de proceso y perfil de ambiente. El material se selecciona considerando los tres criterios de manera simultanea o concurrente con el comportamiento y el costo del material como factores de importancia primordial (Mangonom, 1999).

La selección con base en el perfil de propiedades es el procedimiento de casar los valores numéricos con las restricciones y los requerimientos. Puede ser necesario pensar en una combinación de propiedades, según la modalidad de carga y el ambiente de servicio. En la actualidad se dispone de bases de datos que compilan las propiedades de diferentes materiales para facilitar el procedimiento de selección. También se dispone de diagramas de materiales que permiten seleccionar los materiales con base en el índice de rendimiento o de eficiencia, que es una combinación de propiedades.

La selección con base en el proceso busca identificar el tratamiento que permitirá dar al material la forma deseada, para después unirlo y terminarlo al costo mínimo.

La selección en base en el perfil ambiental, se relaciona con la repercusión del material, su manufactura, su uso y su reutilización, y su eliminación en el ambiente. Es indudable que esta restricción adicional incrementa el costo del producto y estructura.

Algunos de los criterios que se utilizan para la selección de materiales son el rendimiento y el índice de eficiencia, por medio del cual se puede utilizar el diagrama de Ashby para obtener los materiales candidatos, que serán seleccionados para el diseño de los

elementos principales del equipo “Origen de un gen”. Otro método es el de propiedades ponderadas, el cual se basa en la comparación de propiedades. La descripción de ambos métodos se da a continuación.

Rendimiento y eficiencia de los materiales.

Uno de los factores que intervienen en la selección de un material con base en el perfil de propiedades es su índice de rendimiento o eficiencia. De los materiales se espera cierto comportamiento con base en sus propiedades, por ejemplo, el módulo, la resistencia mecánica, la resistencia a la fatiga, la corrosión, el costo, entre otras. Con mucha frecuencia, la mejor opción para un componente no se basa en propiedades específicas, sino en una combinación de propiedades, en un esfuerzo por reducir al mínimo el peso y el costo.

Un componente del sistema en general, se proyecta para desempeñar funciones específicas (requisitos funcionales) con una geometría especificada (requisitos geométricos) en cuanto a tamaño y forma en razón a restricciones de espacio. Su rendimiento no puede ser mejor que el de los materiales elegidos. Podemos definir el rendimiento de un material estructural como su eficiencia para desempeñar la función para la que fue proyectado. En términos de cargas mecánicas, podemos definir esta eficiencia como el cociente de la carga que un material puede soportar entre la masa o el peso del material, para una geometría estructural definida, es decir,

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{carga sobre el elemento estructural}}{\text{peso del material}} = \frac{P}{m} \quad (2.1)$$

La carga P es la máxima que el material puede soportar con base en el criterio de falla del material que se ha elegido y en la modalidad de la carga. Por lo regular, la carga compleja general de un componente o estructura se puede resolver en cuanto a modalidades fundamentales: tensión axial, compresión y pandeo, flexión y torsión.

Esta porción del problema, se necesita establecer un criterio de selección de materiales ligeros y resistentes, para la construcción de las piezas principales del equipo “origen de un gen transgénico”. Una de estas piezas importantes es el rodillo de la manivela, para transmitir el movimiento al prisma. El rodillo será considerado como una viga en cantiliver, de sección rectangular hueca, por facilidad de ancho b , altura h , sometida a una carga P en su extremo libre, como se muestra en la Figura 2.13. La aplicación de está produce un momento flexionante M. el esfuerzo de flexión σ y el centro de masa c queda definido por la siguiente ecuación (Beer and Johnston, 1998):

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I_x} \quad (2.2)$$

Donde I_x es el momento de inercia o segundo momento de la sección transversal con respecto al eje centroidal perpendicular al plano del par M , $c = h/2$ y $\sigma = \sigma_{dis}$ (esfuerzo de diseño).

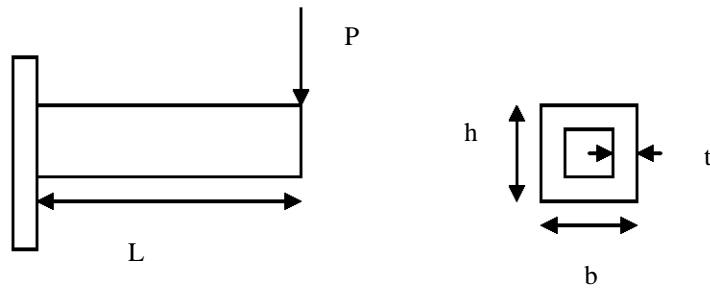


Figura 2.13. Viga en cantilever

En donde el cálculo de los momentos de inercia se realiza con la siguiente ecuación:

$$I_x = \frac{1}{6} h^3 t \left(1 + \frac{3b}{h} \right) \quad (2.3)$$

Reemplazando $d = 1 + 3b/h$ en la ecuación (2.2) tenemos

$$\sigma_{dis} = \frac{3M}{tdh^2} \quad (2.4)$$

Reemplazamos el esfuerzo de diseño de la ecuación (2.4) con el esfuerzo de fluencia σ_f del material dividido por el factor de seguridad S_f ,

$$\sigma_f = \frac{3MS_f}{tdh^2} \quad (2.5)$$

Para utilizar la ecuación de eficiencia necesitamos encontrar P , sustituyendo $M = PL$ en la ecuación (2.5) y despejando P tenemos:

$$P = \frac{\sigma_f tdh^2}{3LS_f} \quad (2.6)$$

Ahora, si la masa del material $m = AL\rho$, donde A es el área de la sección transversal de la viga y ρ es la densidad del material. Con la carga máxima por unidad de masa, la eficiencia o rendimiento es por tanto,

$$Eficiencia = \frac{\sigma_f tdh^2}{3S_f AL^2 \rho} = \frac{tdh^2}{3S_f AL^2} \cdot \frac{\sigma_f}{\rho} \quad (2.7)$$

Puesto que S_f, L, A, h y t son constantes del diseño, el criterio de selección de materiales de máxima eficiencia estructural es σ_f / ρ , la cual algunas veces es llamada la razón resistencia-peso, ya que se refiere a la condición de mínimo peso.

Rendimiento en cuanto a costo. Otra medida del rendimiento del material es su costo, y podemos definir de la economía de un material como:

$$\text{Economía} = \frac{\text{carga que la estructura soporta}}{\text{Costo de la estructura}} = \frac{P}{C_m \cdot m} ; \quad (2.8)$$

donde C_m , es el costo del material por unidad de masa m es la masa. Para obtener la máxima economía del material, debemos dividir los factores de la ecuación (2.7) entre C_m . Por lo tanto $\sigma_f / C_m \rho$ es el factor para maximizar la economía de un material resistente y ligero.

Diagramas de materiales.

Los diagramas de materiales son obra de Ashby, y fueron ideados para emplearse exclusivamente en la etapa conceptual de la selección de materiales. Los diagramas de Ashby son gráficas que representan la combinación de las propiedades de los materiales, por ejemplo, densidad en función de la resistencia para materiales ligeros y resistentes, y la densidad en función del módulo para la selección de materiales ligeros y rígidos, respectivamente. A fin de incluir la inmensa gama de propiedades (aproximadamente de cinco ordenes de magnitud) de los diferentes grupos de materiales, las gráficas han sido trazadas en escalas logarítmicas. El criterio de resistencia a la falla que se utiliza en el diagrama σ / ρ , es el esfuerzo de fluencia en el caso de los metales y polímeros, la resistencia a la compresión en los cerámicos y los vidrios, el rasgado por tensión de los elastómeros y la falla por tensión en los materiales compuestos (Mangonon, 1999).

Los diagramas muestran que las propiedades de cada una de las diferentes clases de los materiales forman grupos, los cuales se muestran dentro de zonas en los diagramas. Las zonas representan las diferentes clases de los materiales, y dentro de cada una de ellas hay zonas más pequeñas que representan la variación de las propiedades de materiales específicos dentro de cada clase.

Una vez explicado el funcionamiento del diagrama se procede a trabajar con el índice de eficiencia obtenido de la ecuación (2.7) para utilizar el diagrama de Ashby (Ashby, 1999):

$$C = \frac{\sigma_f}{\rho} . \quad (2.9)$$

Tomando el logaritmo de ambos lados de la ecuación (2.9), y reagrupando los términos tenemos:

$$\log \sigma_f = \log \rho + \log C . \quad (2.10)$$

Esta expresión nos dice que una gráfica del logaritmo σ_f contra el logaritmo ρ puede mapear una familia de líneas rectas paralelas todas con una pendiente de 1; cada línea de la familia corresponde a diferentes índices de eficiencia, C . estas líneas son determinadas directrices de diseño, y sólo una ha sido incluida en la Figura 2.14 para un valor de C de $30 \text{ (Mpa)} m^3 \text{ Mg}$. Todos los materiales que permanecen en la línea funcionarían igualmente bien en términos de la base esfuerzo por masa. Los materiales cuya posición permanezca arriba de una línea en particular tendrán altos índices de funcionalidad, mientras que los que permanezcan por abajo pueden percibir baja funcionalidad. Materiales que se localizan a lo largo de la línea o arriba están en la

“región de búsqueda” del diagrama y son posibles candidatos para el diseño de las partes del equipo. Esto incluye productos de madera, algunos plásticos, un gran número de aleaciones de ingeniería, materiales compuestos, vidrios y materiales cerámicos.

Con el fin de eliminar materiales inadecuados para esta aplicación se impone una restricción más fuerte en el problema, en la que el esfuerzo de los elementos no sea mayor de 800 Mpa. Esto puede ser representado en el diagrama de selección de materiales por una línea horizontal construida en 300 Mpa, (Apéndice A, Figura 2.14). Ahora la región de búsqueda queda restringida al área interior que ambas líneas forman, eliminando como candidatos todos los cerámicos, vidrios, algunos materiales compuestos y aleaciones de ingeniería, además de la madera. Permaneciendo como posibilidades todos los polímeros de ingeniería, aceros, aleaciones de aluminio y algunos materiales compuestos.

El siguiente punto es evaluar la eficiencia específica de los materiales candidatos. La tabla 2.7 presenta el esfuerzo de fluencia (σ_f), la densidad (ρ), el costo del material (C_m), el índice de eficiencia y la máxima economía para cinco materiales candidatos aceptables del diagrama de selección de materiales. Los cinco materiales de la tabla 2.7 se encuentran ubicados de acuerdo a su índice de funcionalidad, del más alto al más bajo: Aluminio 6061, Nylamid SL, Policarbonato, acero 1020 y por último el Acero inoxidable 304.

Material	σ_f	ρ	C_m	σ_f / ρ	$\sigma_f / C_m \rho$
Aluminio 6061	275	2.71	7.6	101.476	13.352
Nylamid SL	81.3	1.14	7.4	71.316	9.637
Policarbonato	62.1	1.2	7.3	51.75	7.089
Acero 1020	210	7.85	1.6	26.752	16.719
Acero inoxidable 304	205	8	4.0	25.625	6.406

Tabla 2.7

Finalmente, la columna de la derecha de la tabla 2.7 muestra la máxima economía del material. Este factor provee una comparación de todos los materiales en base al costo del material para el freno de Ginebra, que no falle en respuesta el momento flexionante al que es sometido. Ahora el más económico es el acero 1020, Aluminio 6061, Nylamid SL, Policarbonato y acero inoxidable.

Por último, utilizaremos el criterio de propiedades ponderadas, para comparar los tres criterios de selección de materiales y tomar una decisión final de los materiales más adecuados para la aplicación.

2.5.4 Método de propiedades ponderadas.

El método de propiedades ponderadas consiste en poner las propiedades más importantes que influyen en el diseño, y asignarles un cierto peso, el cual depende de su importancia en el desempeño de la parte en servicio. El valor de una propiedad ponderada es obtenido multiplicando el valor numérico de la propiedad por el factor de peso (ω). Los valores individuales de las propiedades ponderadas de cada material son entonces asumidos para dar un índice de ponderación (γ) a los materiales comparados.

Los materiales con mayor índice de ponderación son considerados los más adecuados para la aplicación (Kuntz, 2002).

Método lógico digital.

En los casos donde numerosas propiedades de los materiales son especificadas y la importancia relativa de cada propiedad no es clara, la determinación de los factores de peso pueden ser intuitivos, lo cual reduce la fiabilidad de selección.

La aproximación lógica digital puede ser usada como una herramienta sistemática para determinar γ . En este proceso las evaluaciones son arregladas tal que sólo dos propiedades son consideradas al mismo tiempo. Cada combinación de propiedades posible es comparada y ninguna forma de elección es requerida, solamente una decisión **si** o **no** para cada evaluación.

En la comparación de dos propiedades, a la propiedad más importante se le asigna el valor numérico uno (1), y al menos importante (0). El número total de posibles decisiones es $N = n(n-1)/2$, donde n es el número de propiedades a comparar. Para cada comparación, se obtiene un factor de peso (ω), al dividir el número de decisiones posibles de cada comparación (m) entre el número de decisiones posibles (N), en este caso $\sum \omega = 1$.

Índice de ponderación

En su forma simple, el método de propiedades ponderadas tiene el inconveniente de tener distintas unidades combinadas, lo cual podría producir resultados irracionales. Esto es particularmente verdad cuando diferentes propiedades mecánicas, físicas y químicas con una gran cantidad de valores numéricos diferentes, son combinados. La propiedad con mas alto valor numérico tendrá más influencia que es garantizada a por su factor de peso. Este inconveniente es superado introduciendo el factor de escala. Cada propiedad es escalada de tal manera que su valor numérico más alto no exceda 100. Cuando se evalúa una lista de materiales candidatos, una propiedad es considerada al mismo tiempo. El mejor valor de la lista es considerado como 100 y los otros son escalados proporcionalmente. Introducir un factor escalado facilita la conversión del valor de propiedad de material normal a valores sin dimensión escalado. Para una propiedad dada, el valor escalado, B, para un material candidato es igual a:

$$B = \frac{\text{Valor Numérico de la Propiedad} \times 100}{\text{Valor Máximo en la lista}} \quad (2.11)$$

Para propiedades tales como costo, corrosión o pérdida de uso, ganancia de peso por oxidación, etc., un valor más bajo es más deseable. En tales casos, el valor más bajo es considerado como 100 y B es calculado como:

$$B = \frac{\text{Mínimo valor en la lista} \times 100}{\text{Valor numérico de la propiedad}} \quad (2.12)$$

Para propiedades de materiales que puedan ser representadas por valores numéricos, la aplicación del procedimiento de arriba es fácil. Sin embargo, existen propiedades tal como la corrosión y resistencia de uso, maquinabilidad, etc., en donde los valores numéricos son raramente dados y los materiales son usualmente considerados como muy bueno, bueno, regular, pobre, etc., en tales casos la consideración puede ser convertida a valores numéricos usando una escala arbitraria. Por ejemplo, para la resistencia a la corrosión – excelente, muy bueno, bueno, regular y pobre- pueden darse valores 5, 4, 3, 2 y 1, respectivamente. Después de escalar las diferentes propiedades, el índice de ponderación del material puede ser calculado como:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n B_i \omega_i \quad (2.13)$$

Donde i es sumado sobre todas las n propiedades relevantes.

Una vez que se tienen los materiales candidatos para la selección, se eligen las propiedades a ponderar para cada material, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Propiedad	n
Esfuerzo de fluencia, σ_f	1
Densidad, ρ	2
Corrosión	3
Módulo de elasticidad, E	4
Expansión térmica, α	5
Costo en dólares por kg	6

Tabla 2.7: Propiedades a ponderar.

Además en la Tabla 2.8 se muestran los valores de cada uno de estos materiales (Dallister, 2000)

Material	$\sigma_f (Mpa)$	$\rho (g / cm^3)$	Corrosión	$E (Gpa)$	$\alpha 10^{-6} (^\circ C)^{-1}$	costo \$ / kg
Aluminio 6061	275	2.77	4	69	23.6	110.5
Nylamid SL	50	1.14	5	2.35	72	63.5
Policarbonato	62.1	1.2	5	2.38	122	123.8
Acero 1020	210	7.85	4	207	11.7	20.3
Acero inoxidable 304	205	8	5	193	17.2	24.2

Tabla 2.8. Propiedades de los materiales candidatos.

Dados los datos anteriores se procede a construir la tabla lógica, descrita anteriormente, para obtener el número de combinaciones positivas que servirán para el cálculo del factor de peso para cada material, mismos que se observan en la tabla 2.9.

Propiedades.	Decisiones posibles ($N = \frac{n(n-1)}{2}$)															m	ω
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	1	0	0											1	0.066
2	1					0	0	0	0							1	0.066
3		1				1				1	1	1				5	0.333

4			0			1		0		0	0		1	0.066
5			1			1		0		1		0	3	0.200
6				1			1			0	1	1	4	0.266
Total													15	$\sum \omega_i = 1$

Tabla 2.9 Tabla lógica digital

Material	σ_y	ρ	Corrosión	E	α	costo
Aluminio 6061	100.00	42.222	80	33.333	49.576	34.043
Nylamid SL	29.564	100	100	1.535	16.250	33.333
Polycarbonato	22.582	95	100	1.500	9.590	16.410
Acero 1020	76.364	14.522	60	100	100	61.538
Acero inox. 304	74.545	14.250	100	93.237	68.023	41.026

Tabla 2.10. Propiedades escaladas.

Posteriormente para obtener el índice de ponderación se calcula el valor escalado de la propiedad en estudio, utilizando las ecuaciones (2.11) y (2.12), cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.10. Por último se obtiene el índice de ponderación de cada uno de los materiales, el cual arroja los resultados de la Tabla 2.11. El criterio de propiedades ponderadas establece que el material que tiene mayor grado de ponderación es el más adecuado para la aplicación, y en este caso es el acero inoxidable 304, acero 1020, aluminio 6061, nylamid SL y polycarbonato.

Material	$\sigma_f esc.$ * 0.0667	$\rho esc.$ * 0.0667	corrosión esc * 0.333	E esc * 0.0667	αesc * 0.2000	costo esc * 0.266	γ $\sum B_i w_i$
Al 6061	6.667	2.744	26.667	2.222	9.915	9.078	57.293
Nylamid SL	1.971	6.667	33.333	0.102	3.25	8.889	54.212
polycarbonato	1.505	6.333	33.333	0.077	1.918	4.376	47.543
Acero 1020	5.091	0.968	20	6.667	20	16.410	69.136
Acero inox.	4.970	0.95	33.333	6.216	13.605	10.940	70.014

Tabla 2.11

2.5.5 Selección final de materiales.

Para resumir los resultados obtenidos de los tres criterios anteriores, tenemos que:

- El índice de funcionalidad de los materiales del más alto al más bajo son: aluminio 6061, nylamid SL, polycarbonato, acero 1020 y por último el acero inoxidable 304.
- Con máxima economía, el más económico es el acero 1020, aluminio 6061, nylamid SL, polycarbonato y acero inoxidable 304.
- Mediante el índice de propiedades ponderadas en primer lugar tenemos acero inoxidable 304, acero 1020, aluminio 6061, nylamid SL y polycarbonato.

Se observa que el aluminio 6061 y el nylamid SL se encuentran entre los tres primeros materiales candidatos para la construcción del freno de Ginebra. Por lo que estos dos materiales serán seleccionados adecuadamente según la aplicación de las soluciones que serán analizadas en la siguiente sección.

2.6 Arreglo final del equipo “origen de un gen transgénico”.

El equipo “origen de un gen transgénico”, está formado por dos módulos. El primero está compuesto por un prisma pentagonal, que contiene información (Tabla 2.12a), en cada una de sus caras acerca de una especie (soya, arroz, maíz, trigo, calabacita), con posibilidad de ser modificada genéticamente. Este prisma se encuentra acoplado a un mecanismo, el cuál suministra un movimiento rotatorio intermitente, mediante el cual el prisma podrá girar y parar en posiciones predefinidas, esto con el fin de poder observar la información de cada una de sus caras.

El segundo módulo está compuesto por cinco piezas rectangulares, las cuales contienen información (Tabla 2.12b), en la parte superior acerca del gen que se puede insertar, en cada una de las especies (soya, arroz, maíz, trigo, calabacita), con el fin de modificar genéticamente a las especies antes mencionadas.

Módulo 1. Prisma pentagonal.	Módulo 2. Piezas rectangulares.
Esta soya fue modificada genéticamente para sobrevivir a la acción de un herbicida.	Este hongo tiene un gen que degrada un cierto tipo de herbicida.
A esta calabacita se le inserto un gen que la hace resistente a la ataque de un virus.	El gen que produce la cubierta de este virus puede insertarse en una planta y protegerla del mismo virus.
A este arroz se le incorporó un gen que lo hace rico en vitamina A	Esta bacteria y esta planta tienen un gen que produce un precursor de la vitamina A (flor narciso y Erwina)
Este maíz transgénico es resistente al ataque de un insecto.	Estas bacterias tienen genes que dan resistencia al ataque de algunos insectos (<i>Bacillus Thuringiensis</i>)
Este trigo se modificó para crecer en suelos salinos.	Esta planta tiene un gen que da resistencia a la salinidad. (<i>Arabidopsis triplex</i>)

(a)

(b)

Tabla 2.12 Información contenida en el equipo origen del gen transgénico.

Estas piezas rectangulares están dispuestas de tal forma que, pueden deslizarse entre sí y posicionarse en el lugar que se desea (similar al equipo “**Secuencia de un transgénico**” de la Figura 2.15), con el fin de poder comparar la información de estas piezas, con la información colocada en las caras del prisma pentagonal, y así poder relacionar la información de cada módulo correctamente.



Figura 2.15

Equipo “secuencia de un gen transgénico”.

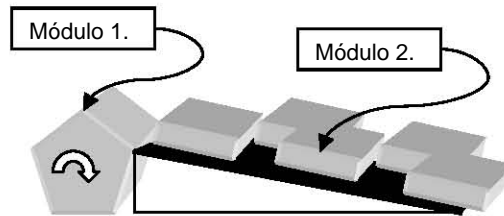


Figura 2.16 Propuesta preliminar del equipo "origen de un gen transgénico".

Con base en los requerimientos funcionales, expresivos y constructivos, se seleccionaron y catalogaron los dispositivos y mecanismos que se pudieran emplear y/o adaptar para satisfacer cada uno de estos requerimientos.

Uno de los requerimientos funcionales del equipo es el de generar un movimiento rotatorio con paradas intermitentes de cinco posiciones. Para lograr el movimiento rotatorio intermitente, se eligió un mecanismo que funciona tanto en baja como en alta velocidad, que puede ser accionado de diferentes formas (manual, mecánico, eléctrico), otra característica que se le agregara al equipo, además de que el visitante interactúe con el equipo, es que podrá conocer los mecanismos y/o dispositivos utilizados dentro de los equipos del museo, incrementando de esta forma su interés y conocimiento. Este mecanismo, llamado freno de Ginebra se describe en el apéndice A.

El diseño al que se llegó, después de analizar y desarrollar una serie de ideas, evaluando las diferentes alternativas, creando modelos visuales para cada una ellas, y de generar nuevas ideas, a partir de las diferentes alternativas tiene las siguientes características:

- Es un equipo interactivo que está compuesto principalmente por dos módulos.
- El primer módulo está formado por cinco piezas rectangulares de madera, con las dimensiones y forma siguiente (plano # de ref. 02-01, apéndice D). La forma en que fueron diseñadas es para permitir que puedan deslizarse entre ellas y así puedan ser colocadas en la posición deseada, de acuerdo a las necesidades de funcionamiento del equipo, además para que el usuario no pueda retirarlas de la mesa que las contiene (plano # 02-17, apéndice D). Tanto las piezas rectangulares, como la mesa están en contacto, por lo que en la superficie de contacto, tienen un material que les permite deslizarse con facilidad una sobre otra. Cada una de las piezas rectangulares contiene información en la parte superior, sobre un gen que se le puede insertar a una especie, con el fin de modificarla genéticamente. Por lo tanto se debe proteger dicha información con un material resistente al contacto, y así evitar que la información sea maltratada por el usuario.
- El segundo módulo es un prisma pentagonal de acrílico cristal (plano # 01-06, apéndice D), acoplado a un mecanismo denominado *freno de Ginebra* (plano # 01-04 apéndice D), que le provee un movimiento rotatorio intermitente, el cual contiene en cada uno de sus lados información sobre una especie con posibilidad de transgénesis. La información en cada una de las piezas rectangulares, tiene correspondencia solamente con uno de los lados del prisma pentagonal.
- El mecanismo denominado *freno de Ginebra*, será accionado por el usuario, mediante una transmisión por cadena.

- El prisma pentagonal tiene en su interior cuatro lámparas, que serán alimentadas por medio de un sistema electromecánico (plano #02-01 apéndice D).
- Para comprobar si la información relacionada (pieza rectangular con lado del prisma), cada pieza rectangular cuenta con un imán de neodimio colocado en la parte frontal de la misma (plano #02-02 apéndice D), que activa un switch magnético colocado en cada una de las caras del prisma pentagonal (plano #01-06, apéndice D). Cada posición del imán en las piezas tendrá su correspondencia con un switch magnético en uno de los lados del prisma, con el fin de que al coincidir la ubicación de ambos, se cierre el circuito y encenderá las lámparas colocadas en el interior del prisma, indicando que la información relacionada es correcta.

En la Figura 2.17, se muestra el diseño final del equipo “el origen de un gen transgénico, con medidas generales y características principales. En el apéndice D, se incluyen los planos de cada una de las partes que componen al equipo “origen de un gen transgénico”.



Figura 2.17
Vistas generales y perspectiva de la propuesta final del equipo” Origen de un gen transgénico”.

Después de ser evaluada y aceptada, la propuesta final de diseño del equipo interactivo “Origen de un gen transgénico”, y habiendo generado planos y esquemas de diseño y fabricación, con todos los datos necesarios sobre los materiales y procesos necesarios para cada una de las partes del mismo, se procede a su producción.

2.7 Comunicación de los diseños.

La actividad esencial del diseño, por lo tanto, es la producción de una descripción final de un equipo. Ésta debe estar en una forma que sea comprensible para aquéllos que fabricarán el producto. Por esta razón, la forma de comunicación más ampliamente utilizada es el dibujo. En el caso de un artículo sencillo, como la perilla de una puerta, probablemente sea suficiente un solo dibujo, pero en el caso de un proyecto más grande y complicado, como un edificio completo, la cantidad de dibujos puede muy bien llegar a cientos, y para construcciones más complejas, como plantas de procesos químicos, aviones o grandes puentes, entonces son necesarios miles de dibujos.

Estos dibujos abarcarán desde descripciones generales —como planos, elevaciones y dibujos de arreglo general— que dan una "visión general" del artefacto, hasta las más específicas —como secciones y detalles— que proporcionan instrucciones precisas acerca de cómo se va a fabricar el equipo. Debido a que deben comunicar instrucciones precisas, con poca probabilidad de equivocación, todos los dibujos están sujetos a reglas, códigos y convenciones. Estos códigos cubren aspectos como la forma de distribuir en un dibujo las vistas diferentes de un artefacto relativas entre ellas, cómo indicar diferentes clases de materiales y cómo especificar dimensiones. Aprender a leer y a elaborar estos dibujos es una parte importante de la formación en el diseño.

Los dibujos contienen anotaciones de información adicional. Las dimensiones son una clase de dichas anotaciones. También pueden agregarse a los dibujos instrucciones escritas, como notas acerca de los materiales a utilizar. También podrían requerirse otras clases de especificaciones, junto con los dibujos. Por ejemplo, a menudo se requiere que el diseñador elabore listas de todas las distintas partes y componentes que conformarán un artefacto completo, y que determine con exactitud las cantidades de cada componente a utilizar. También pueden ser necesarias especificaciones escritas de las normas de trabajo o calidad de manufactura. En ocasiones, si se trata de un artefacto complejo o extraño, el diseñador elabora una maqueta tridimensional, o un prototipo, a fin de comunicar el diseño. No obstante, sin duda los dibujos son la forma más útil de comunicar la descripción de un artefacto que aún no se ha fabricado. Los dibujos son muy buenos para dar una idea de cómo tiene que ser el artefacto final, y dicha idea es esencial para la persona que tiene que fabricarlo (ver Apéndice D).

En el capítulo siguiente, hablaremos sobre el proceso de producción del equipo interactivo “Origen de un gen transgénico”, haciendo énfasis en cada una de las etapas del proceso, y en la parte final del capítulo hablaremos de la evaluación a que es sometido el equipo interactivo, dentro del mismo taller de fabricación, y posteriormente dentro del Museo *Universum*.

Capítulo 3. Fabricación del equipo interactivo “origen de un gen transgénico”.

Es fundamental que los equipos interactivos de un museo de ciencias se construyan a partir de un buen diseño. Pero ¿qué tienen de particular los equipos por diseñar? La respuesta es que, como museo interactivo, debemos diseñar artefactos que el visitante habrá de manipular. Se le invita a interactuar con ellos; incluso se le prohíbe no tocar. Este aspecto interactivo es novedoso para el público, que en general no está acostumbrado ni educado para el buen manejo de los equipos. Por el contrario, puede hacer mal uso de ellos.

El público trata a los equipos de manera ruda, y los somete al uso excesivo de la fuerza: acciona con brusquedad botones, palancas e interruptores. Por ello, el diseñador debe anticiparse al uso masivo, intenso e incluso excesivo de los equipos, principalmente interesa captar la atención de niños y adolescentes, que muchas veces visitan por primera vez un museo de este estilo y que por su inquietud y energía no manejan con cuidado los equipos. En consecuencia, la fabricación requiere también de un conocimiento preciso de los materiales óptimos para cada caso.

En este capítulo hablaremos sobre los aspectos que se deben de tener en cuenta al momento de fabricar un equipo para un museo interactivo de ciencias, y presentaremos la experiencia específica del equipo “*Origen de un gen transgénico*”.

3.1 Consideraciones generales.

Un aspecto, que nos permite economizar tanto en tiempo como en dinero, es evitar que los equipos fabricados requieran de un mantenimiento excesivo. Esto se logra utilizando materiales apropiados en zonas expuestas a golpes, raspones o desgaste por fricción. Entre las más expuestas se encuentran:

- Filos y aristas. En todo equipo, escalón, pared, mampara, banca o mesa existen estas zonas, las más maltratadas no sólo por el público sino también por el personal de limpieza. Los filos y aristas deben, por tanto, recubrirse adecuadamente con molduras de aluminio, neopreno u otro material que facilite el mantenimiento y la reposición de las partes dañadas.
- Palancas y manivelas. Por su misma naturaleza pueden aumentar la fuerza que se aplica. Por ello es necesario escoger con cuidado los materiales para fabricarlas. Más aún, cuando sea posible conviene sustituirlas por dispositivos electromecánicos o electrónicos pues requieren menos mantenimiento y resultan más baratos a largo plazo.
- Sillas o mesas. En las áreas donde el usuario apoya los pies o las manos, se recomienda utilizar materiales que no requieran pintura; de lo contrario, el mantenimiento en esas zonas será constante y muy costoso.

Dos últimas consideraciones facilitan aún más la construcción de equipos:

- No introducir en el diseño, en aras de una originalidad mal entendida, tornillos o partes raras que sólo complican el manejo; son difíciles de adquirir en los mercados locales y

no es fácil contar con un almacén de refacciones básicas suficientes para darles adecuado mantenimiento.

- Antes de comenzar a fabricar el equipo, es necesario - aunque parezca obvio- revisar una y otra vez que concuerden las medidas y escalas utilizadas. Cuando se arma el equipo es frecuente encontrar sorpresas desagradables. Por ejemplo, a menudo las medidas no coinciden al ensamblar partes de madera o vidrio a estructura metálicas; los cápelos de vidrio, acrílico u otro material no se ajustan a sus bases, y los engranes no se acoplan a los mecanismos y motores.

En resumen, para diseñar y construir equipos interactivos es necesario:

- Anticiparse al uso masivo, intenso y aun al abuso de los equipos.
- Recordar que el equipo no será eterno y que se tendrá en algún momento que darle mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Procurar que sea fácil el acceso para su mantenimiento.
- Evitar que el equipo requiera mantenimiento excesivo.
- Revisar reiteradamente las medidas y escalas.
- Investigar y conocer sobre los materiales para su óptima utilización.
- Estandarizar tornillería y refacciones.
- Utilizar partes electrónicas y mecánicas de línea.
- Entregar junto con el equipo, diagramas y características de cada uno de los componentes.
- Si el equipo es muy sofisticado, adjuntar un manual de mantenimiento.

3.1.1 La calidad en el diseño.

En el proceso de diseño no deben participar únicamente las personas del departamento de ingeniería o de diseño. Es importante que participe personal de otras áreas como:

- Fabricación. Debe aportar ideas para que el proceso de fabricación sea lo más sencillo posible y se adecue a las características de la empresa.
- Compras. Elige los materiales adecuados con mejor calidad-precio.
- Calidad. Asegurará el cumplimiento de las necesidades de los clientes, se adelantará a los posibles defectos que puedan surgir y asegurará la calidad del proceso de diseño.

La calidad en las compras. La función de las compras, es una de las actividades clave dentro del Museo *Universum*. De su eficacia y buena organización depende gran parte de los resultados.

Las funciones relacionadas con las compras en el museo son:

- Definición de las especificaciones de los productos a comprar. Las especificaciones son las características de un producto y éstas se realizan por escrito en fichas o cuadernos de especificaciones.
- Selección de proveedores. Ésta se realiza mediante el proceso de homologación, es decir, se definen aquellos proveedores que están calificados para suministrarle productos o servicios.
- Evaluación de proveedores. Una vez que se ha homologado o seleccionado el proveedor es necesario asegurar que esos requisitos se mantengan a lo largo del tiempo. Para ello hay que establecer los siguientes criterios:
 - Fiabilidad del plazo de los suministros. Es importante conocer el cumplimiento por parte del proveedor de los plazos de entrega fijados porque un retraso puede hacer parar el proceso productivo.
 - Flexibilidad del proveedor: Ésta refleja la capacidad de reacción ante un pedido urgente que no estaba previsto.

3.2 Fases del proyecto de fabricación.

La meta es convertir ideas en productos económicos y fiables. El diseño determina la apariencia, funcionalidad y además la fabricación. En la figura 3.1, se muestra la relación diseño – fabricación y de ésta podemos decir que:

- Cambios en el diseño repercuten en la fabricación (incremento en el costo).
- El diseño supone un 80% de recursos y costo.
- Un buen diseño para la fabricación se traduce en una reducción de los costos de producción sin sacrificar la calidad del producto.

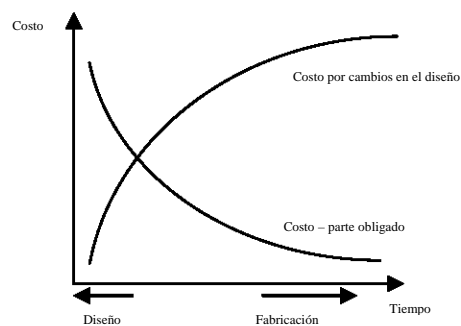


Figura 3.1 Relación entre diseño y fabricación.

El proceso de fabricación puede englobarse dentro de los siguientes cuatro puntos.

- Manipulación de herramientas y materiales.
- Realización de operaciones: cortar, pegar,...etc.

- Montaje de las partes y del conjunto.
- Comprobación del funcionamiento.

La presentación del trabajo consta de:

- Presentación del objeto construido.
- Explicación de sus características y funcionamiento.
- Presentación de la memoria escrita del proyecto.

La memoria descriptiva de cada proyecto consta de:

1. Introducción. Explicación de lo que se pretende hacer, su utilidad y condiciones que debe cumplir.
2. Información. Resumen de conocimientos relacionados con el proyecto. Se busca información sobre la utilidad e historia del objeto a construir.
3. Datos técnicos.
 - Materiales: En la hoja de fabricación se reflejarán los materiales utilizados en la fabricación de cada una de las piezas; en este apartado, se señalarán los materiales adicionales utilizados en el montaje del proyecto.
 - Componentes (cables, motor eléctrico, tornillos,...).
 - Herramientas y máquinas: En la hoja de fabricación se reflejarán las herramientas y máquinas utilizadas en la fabricación de cada una de las piezas utilizadas en el montaje del proyecto.
 - Instrumentos de medición y control: En la hoja de fabricación se reflejarán los instrumentos de medición y control utilizados en la fabricación de cada una de las piezas.
 - Proceso de fabricación y montaje. Descripción detallada de cada uno de los pasos seguidos para la fabricación del proyecto.
 - Funcionamiento. Explicación razonada de cómo y por qué funciona
- 4.- Planos.
 - Dibujo del conjunto (Perspectiva). En este apartado se incluirá la hoja de proyecto definitiva.
 - Despiece acotado (Croquis). En este apartado se incluirán las hojas de fabricación definitivas de cada una de las piezas.
 - Esquemas eléctricos.

- Esquema de conexiones. Se dibujarán los componentes a mano alzada (en 2 ó 3 dimensiones) y las conexiones existentes entre ellos.
- Diagrama eléctrico. Se dibujará utilizando la simbología eléctrica normalizada.

5.- Cálculos. Cálculos mecánicos y eléctricos, si los hubiera.

6.- Presupuesto. Se realizará en base a los precios de los materiales y componentes utilizados.

7.- Conclusiones. Tu opinión sobre la actividad.

8.- Auto evaluación: aprendizaje, experiencias, dificultades,...

3.3 Análisis de costos.

Es necesario entregar un análisis del costo aproximado del nuevo equipo a producir, para evaluar la factibilidad de producción, dependiendo del presupuesto con que se disponga.

Una de las formas en las que se puede calcular el costo aproximado del equipo es por medio de una tabla, la cual contiene los precios aproximados de cada uno de los materiales y procesos de manufactura necesarios para cada uno de éstos. En la figura 3. 2 se muestra la tabla, con el costo aproximado del equipo “Origen del gen transgénico”.

Tabla de especificaciones Equipo “Origen de un gen transgénico”.					
Nombre	Material	Medida	Cantidad	Proceso	Precio (\$)
Mueble :					
Estructura	Triplay Pino	1.22x2.44m, 12mm esp.	2 hojas	Corte, ensamble y ajuste	\$220.84 c/u
	Tablón de pino	2"	1 pieza	Corte, ensamble y ajuste	\$300.00
Paredes	Triplay de Pino	1.22x2.44 m, 3mm esp.	2 hojas	Corte, ensamble y ajuste	\$145.74 c/u
Acabados	Fórmica	1.22 x 2.44 m.	2 hojas	Corte, pegado y ajuste	\$376.00 c/u
	Regatón metálico	2" X 3/8" Ø	4 piezas	Colocación	\$12.62 c/u
	Moldura acoplable a presión de aluminio	8.7 x 33.2 mm. x 3.66mts	1pieza	Corte y colocación	\$44.9 X metro
Piezas cuadradas:			5 piezas		
Estructura	Triplay	1.22x2.44m, 12mm esp.	½ hoja	Corte y ensamble	\$220.84
Acabados	Formica	1.22 x 1.22 m	½ hoja	Corte y pegado	\$376.00
	Resina poliéster			Aplicación	\$500.00
Prisma pentagonal:			1 pieza		
	Acrílico	6mm de espesor		Corte, termoformado y pegado	\$1500.00
Cápelo:	Acrílico	6mm de espesor	1 pieza	Corte y pegado	\$1000.00
Soporte Mecanismo:	Tubo de PVC	1 x 0.25mØ, 6mm de espesor.	1 pieza	Corte y ajuste	\$450.00
Freno de Ginebra:	Chumaceras	FYTB 5/8 FM	2 pieza	Colocación y ajuste	\$93.00 c/u

	Chumaceras	FYTB ½ FM	2 pieza	Colocación y ajuste	\$80.00 c/u
	Bearing and collar SXR	½ diámetro	2 pieza	Colocación	\$150.00
	Sprocket	18 dientes paso ¼	1 pieza	Colocación	\$75.00
	Placa cuadrada Nylacero SL	0.5 m ² x 7/8" espesor	1 pieza	Corte y fresado	\$774.00
	Barra redonda de Nylacero	0.15m x ¾" de Ø	1 pieza	Corte, torneado y fresado	\$126.00
	Sprocket	36 dientes paso ¼	1 pieza	Colocación	\$75.00
	Barra circular de cold rolled	0.5 m x ¾" Ø.	1 pieza	Fresado	\$55.00
	Barra circular de cold rolled	1.1 m x ½" Ø.	1 pieza	Fresado	\$75.00
	Barra circular de cold rolled	1.1 m x 5/8" Ø	1 pieza	Fresado	\$75.00
	Tubo de aluminio	1.1 m x 4" Ø y 6mm esp.	1 pieza	Corte y torneado	\$456.00
	Barra redonda aluminio 6061	0.25m x 3" Ø	1 pieza	Corte y torneado	\$229.50
	Cadena bicicleta	2.5 m ,paso ¼	1 pieza	Ajuste y colocación	\$120.00
	Candado p/cadena de bicicleta	paso ¼	2 pieza	Colocación	\$5.00 c/u
Sistema electromecánico.					
	Imán de Neodimio	1/4 x 1/2 pulg.	5 pieza	Pegado y Colocación	\$150.00 c/u
	Reed switch		5 pieza	Estañado y colocación	\$40.00 c/u
	Foco incandescente tipo cacahuete	25 W, 127 V	4 pieza	Colocación	\$12.00 c/u
	Socket de cerámica para foco incandescente.		4 pieza	Colocación	\$ 15.00 c/u
	Carbones		2 pieza	Colocación	\$8.00 c/u
	Porta carbones		1 pieza	Colocación	\$25.00
	Lámina de cobre	0.5m ² , cal.16	1 pieza	Corte y pegado	\$850.00
Tolva:	Lámina negra	1.5 m ² ,cal 20	1 pieza	Corte y soldadura	\$225.00
	Tornillería en general.				\$80.00
Total					\$10,903.00
Mano de obra	40%				\$2725.75
Total aproximado					\$13,628.75

Figura 3.2 Tabla del costo aproximado del equipo "el origen del gen transgénico".

El costo aproximado del equipo se presentó a los responsables de la exposición "Los alimentos transgénicos" para su aprobación y una vez aceptado, se continuó con el procedimiento de producción.

3.4 Memoria descriptiva del equipo “Origen de un gen transgénico”.

Objetivo: que el visitante conozca las especies receptoras y donadoras de algunos cultivos GM (genéticamente modificados), enfatizando en la naturaleza de los genes que se transplantan a distintas especies vegetales, con el fin de mejorarlas.

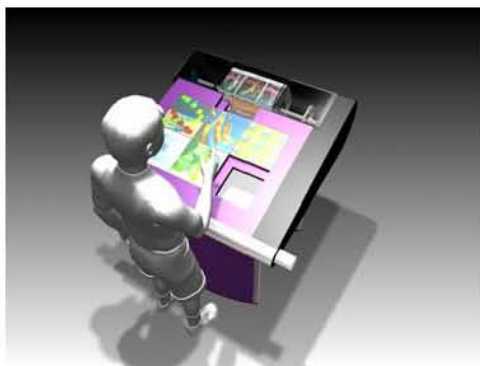


Figura 3.3 Perspectiva del equipo “origen de un gen transgénico”

Descripción: El equipo está formado por dos partes principales, una mesa- tablero con cinco piezas rectangulares deslizables y un prisma giratorio que se encuentra apoyado dentro de un sector cilíndrico, el prisma se hace girar por medio de una transmisión por cadena, accionada por unas perillas que se encuentran acopladas a una flecha de acero, que se encuentra protegida dentro de un tubo de aluminio, colocado en la parte inferior de la mesa-tablero.

- La mesa-tablero esta fabricada con triplay de madera de pino de 12mm 6mm, y está recubierta con laminado plástico (“*chancee encouter*” y “*aubergine matrix*”).
- Las piezas deslizables están fabricadas con triplay de madera de pino de 12mm, están recubiertas con un laminado plástico en su parte inferior y en la parte superior por resina poliéster.
- Las patas están fabricadas con triplay de madera de pino de 3mm, 6mm, 12mm, y están rematadas por una moldura de aluminio acoplada a presión de 8.7 x 33.2 mm.
- El prisma pentagonal está fabricado en acrílico cristal transparente de 6mm y está protegido por un cápelo del mismo material y también de 6mm de espesor.
- Al lado derecho del prisma se encuentra ubicado el mecanismo denominado “*freno de Ginebra*” y está fabricado en Nylacero** de ½” de espesor.
- El prisma está contenido dentro de un tubo de PVC de 12” de diámetro, y unas tapas de triplay de madera de pino de 19 mm. de espesor.
- La transmisión por cadena está protegida por una tolva de lámina metálica rolada calibre 16, pintada con esmalte color negro mate, misma que esta colocada en el costado derecho de la mesa tablero.
- Las perillas están fabricadas en redondo de aluminio de 2½” de diámetro, y el tubo que soporta a las perillas es de aluminio de 3½” de diámetro.

Para el mantenimiento del equipo, se tienen varios accesos, dependiendo de la que parte que se trate.

- Si se requiere tener acceso a la transmisión, la tolva puede quitarse, desatornillando 4 tornillos allen de cabeza plana de 1/8"
- Cuando sea necesario el acceso a las chumaceras, se puede quitar el capelo de acrílico, desatornillando 4 tornillos allen de cabeza plana de 3/16".
- Cuando se requiera quitar el prisma, o retirar alguna parte del mecanismo, se puede retirar cualquiera de las tapas laterales del soporte de PVC, desatornillando 4 tornillos para madera de cabeza phillips.
- El prisma de acrílico, se puede abrir por cualquiera de sus tapas laterales, retirando 5 tornillos allen de cabeza plana de 3/16".
- Cuando se necesite retirar alguna de las piezas deslizables, se puede hacer desmontando la parte lateral izquierda de la mesa-tablero.

Funcionamiento: El equipo está formado por una mesa-tablero con cinco piezas deslizables, y un prisma pentagonal con movimiento rotatorio intermitente. El usuario tiene dos formas de interactuar con el equipo "*origen de un gen transgénico*".

Primera: colocar una de las cinco piezas deslizables, en la posición central superior, mostrada en la figura 3.3, y si la información corresponde con la contenida en la cara mostrada del prisma, se encenderá una luz en la parte interior del prisma.

Segunda: accionar la perilla inferior, para de esta manera hacer girar al prisma pentagonal y mostrar alguna de sus caras, para poder así relacionar la información de está, con alguna de las cinco piezas deslizables y después colocarla en la en posición central superior, y si la información corresponde se encenderá la luz en el interior del prisma y así se valida la información relacionada.

Una vez definido lo anterior, y con base en el diseño final del equipo interactivo "*origen de un gen transgénico*", se procedió a su fabricación misma que se realizó en el taller de fabricación del Museo de las Ciencias *Universum*, y la parte restante mediante proveedores externos. En la Figura 3.4a, se muestra el cuerpo principal del equipo "*origen de un gen transgénico*", durante el proceso de fabricación, dentro de las instalaciones del taller de fabricación del Museo de las Ciencias *Universum* de la UNAM.



Figura 3.4 (a) Vista del cuerpo principal del equipo "*origen de un gen transgénico*"

En la Figura 3.4 (b), se muestra el detalle del montaje del mecanismo denominado “freno de Ginebra”, y el acoplamiento con el prisma pentagonal dentro del soporte contenedor.

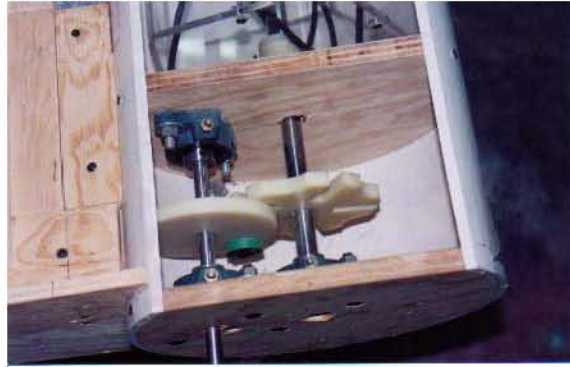


Figura 3.4 (b) Montaje del mecanismo “freno de Ginebra” en el equipo

En la Figura 3.4 (c), se muestra el ensamble de la mesa-tablero y el prisma pentagonal.

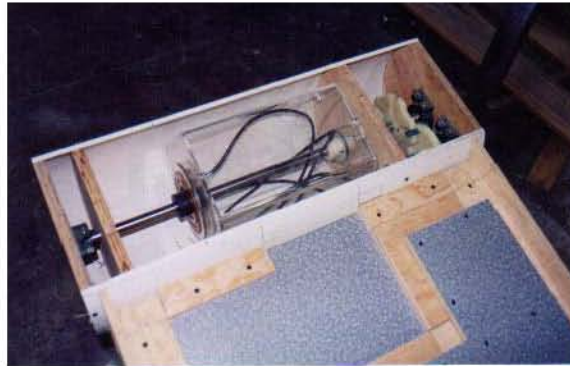


Figura 3.4 (C). Detalle del prisma pentagonal, acoplado al mecanismo.

3.5 Producción, instalación y pruebas.

Es importante mencionar que durante todo proceso de producción, el diseñador del producto fabricado tiene que tener contacto estrecho con el personal de fabricación, esto con la finalidad de supervisar las tareas realizadas y corroborar la correcta ejecución de ellas, o en su defecto tomar las decisiones apropiadas con el fin de corregirlas.

En el caso particular del proceso de fabricación del equipo “origen del gen transgénico”, se mantuvo contacto estrecho con el taller de fabricación del Museo de las Ciencias y con los proveedores externos, que se encargaron de fabricar algunos componentes del mismo, solucionando algunos problemas oportunamente y así poder concluir de manera satisfactoria todo el proceso, hasta su finalización. Tras haber sido concluido y comprobar el correcto funcionamiento del equipo, se instaló en el lugar asignado con anterioridad por el departamento de Museografía. Actualmente se encuentra funcionando conforme a lo esperado, en la Sala de “Cosechando el Sol” del Museo de las Ciencias *Universum* de la UNAM. En las siguientes figuras (3.5 a, b, c), se muestra el equipo “origen del gen transgénico”, terminado dentro del museo.



Figura 3.5 (a) Equipo "Origen del gen transgénico"



Figura 3.5 (b) Vista superior del equipo "Origen del gen transgénico".



Figura 3.5 (c) Vista de perfil del equipo "origen del gen transgénico"

Conclusiones.

La ciencia es producto de la creatividad humana, y acercar el producto de esta creatividad a toda la gente, es la meta de la divulgación de la ciencia. Esto se puede lograr por diferentes medios, uno de ellos son los museos interactivos de ciencias, como *Universum*. En ellos por medio de equipos que representan alguno de estos nuevos avances, y a la vez interactúan con la gente, se trata de hacer que el visitante actué como científico. Es por esto que el diseño y la fabricación de estos equipos deben incorporar características especiales, para que puedan atraer el interés, el aprendizaje y la diversión al mismo tiempo.

El proceso de diseño de equipos interactivos dentro de un museo es muy variado, ya que depende de las condiciones requeridas para cada caso, de la información proporcionada por las diferentes disciplinas involucradas, y de la propiedad a mostrar.

El diseño de cada equipo interactivo, se trata como un problema particular, del cual no existe antecedente y al cual se le debe solucionar de la mejor manera, cubriendo cada uno de los requerimientos de diseño y fabricación.

Los resultados a los que se llegó con el diseño y fabricación del equipo "Origen de un gen transgénico" fueron muy satisfactorios, y esto se debe a que todos los involucrados trabajaron de forma conjunta, dando como resultado un equipo exitoso, el cual se integró perfectamente a la sección de "*Alimentos transgénicos*".

Como resultado de la realización de este trabajo, y de la experiencia obtenida de ello, se pueden concluir varios puntos de gran importancia que deberían tenerse en cuenta cuando se trate del diseño y fabricación de equipos interactivos para un museo de ciencias, y en general para el diseño y fabricación de cualquier objeto. En resumen encontramos que es necesario:

1. Anticiparse al uso masivo, intenso y aun al abuso de los equipos.
2. Revisar reiteradamente las medidas y escalas utilizadas en los planos constructivos, antes de proceder a su fabricación.
3. Evitar que el equipo requiera mantenimiento excesivo
4. Estandarizar las partes utilizadas en el equipo de tal manera que no se requiera una gran gama de herramientas al momento de realizarle mantenimiento preventivo y/o correctivo.
5. Utilizar partes mecánicas y/o componentes electrónicos de línea, de tal manera que en el momento de sustituir una parte o componente sea fácil conseguirlo, si es que no se tiene en stock.
6. Es fundamental que el equipo cuente con accesos, para que cuando las partes y/o componentes requieran mantenimiento preventivo o correctivo, sean fácilmente observadas y/o cambiadas.

7. Entregar junto con el equipo, un manual de mantenimiento conteniendo todas las características de los componentes.

El diseño y fabricación del equipo "*Origen del gen transgénico*", fue una experiencia multidisciplinaria insustituible, dando como resultado un gran cúmulo de experiencias y sobre todo el poner en práctica el aprendizaje obtenido dentro de las aulas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se puede concluir que el diseño fabricación, de un equipo para un Museo de ciencias, en particular es una ardua tarea, en la que se requiere tanto de los conocimientos adquiridos en las aulas escolares, y por otra parte habilidades y destrezas que se van forjando a través de experiencias propias y ajenas.

Apéndice A

Freno de Ginebra.

El freno de Ginebra o cruz de Malta, es un mecanismo parecido al de las levas que suministra un movimiento rotatorio intermitente y se emplea profusamente tanto en maquinaria de baja velocidad como de alta. Aunque originalmente se desarrolló como un tope para evitar dar cuerda en exceso a los relojes, en la actualidad se emplea con amplitud en la maquinaria automática, por ejemplo, cuando se deben marcar distancias determinadas en árboles, torretas o mesas de trabajo. También se utiliza en proyectores de películas para proporcionar el avance intermitente de las mismas.

Resulta apropiado para movimientos del eslabón accionado, que no excedan los 90° por cada revolución del motriz (Figura A.1).

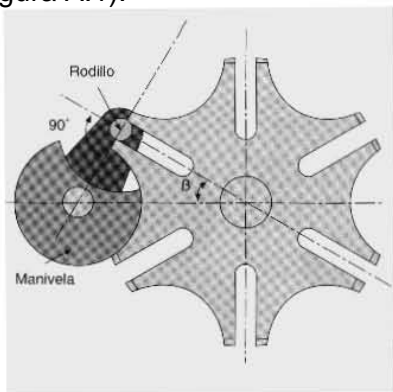


Figura 2.6 Freno de Ginebra.

Como se ve en la Figura A.2, el elemento motriz 2 consiste en un disco circular, sobre el cual va adherido un perno motriz P y un segundo disco EBF. El perno se engrana por una cierta fracción de cada revolución con las ranuras radiales del miembro accionado 3, el cual cursa hacia adelante a través del ángulo θ . Cuando el perno P sale de una ranura, la superficie EBF se ajusta o encaja a una de las superficies LM, geoméricamente similares, del miembro accionado y lo mantiene estacionario hasta que P entra en la siguiente ranura.

Con objeto de que el miembro accionado pueda empezar y parar sin conmoción, es necesario diseñar el mecanismo de tal forma que en la posición ilustrada las líneas OX, OY sean tangentes al círculo PCH pasando por el eje del perno. Así pues, para trazar el mecanismo, se mide un ángulo $\theta/2$ en cada lado de la línea OH, donde θ es el movimiento angular requerido del árbol accionado.

Cualquier círculo, como PCH, tangente a OX y OY, puede emplearse como trayectoria del eje del perno motriz. El radio de este círculo es la longitud de la manivela del perno motriz, y su centro se localiza en el eje del disco accionado. El arco EGF se elige para la superficie libre de los puntos del disco accionado. El ángulo EAF (Φ) debe de diseñarse igual al ángulo PAC, en orden de que el miembro movido pueda ser enclavado y liberado alternativamente de su posición en el momento adecuado.

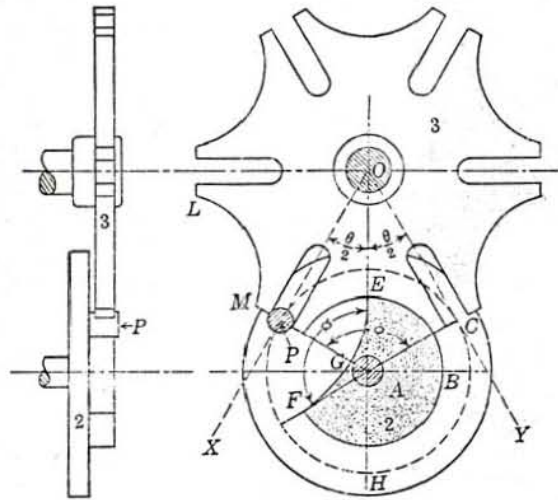
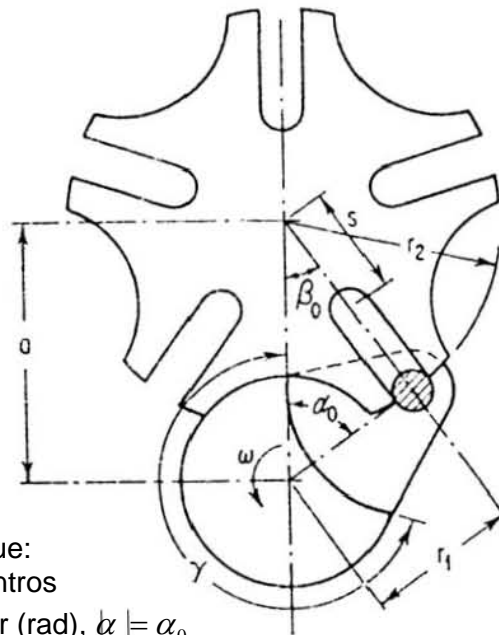


Figura A.2 Freno de ginebra.

Memoria de cálculo del “freno de ginebra”.

El diseño de un freno de Ginebra se inicia especificando la distancia entre centros, el diámetro del rodillo y el número de ranuras.



De la figura tenemos que:

a = distancia entre centros

α = ángulo del impulsor (rad), $\alpha \neq \alpha_0$

β = ángulo del conducido (rad), $\beta \neq \beta_0$

r_1 = distancia del centro del impulsor al perno de accionamiento

$$r_1 = a \sin \beta_0, \quad \beta_0 = \pi / 2$$

γ = ángulo de enclavamiento (rad).

$$\gamma = (\pi / n)(n + 2)$$

n = numero de divisiones iguales en la maltesa ($n \geq 3$), al inicio: $\alpha \neq \alpha_0$;

$$|\beta| = \beta_0 = \pi/2 - \alpha_0$$

r_2 = radio de la rueda de Ginebra; $r_2 = a \cos \beta_0$

r_2' = radio de la rueda Ginebra con corrección para un perno de

Diámetro finito $r_2' = r_2 \left(1 + r_p^2 / r_2^2\right)^{1/2}$ r_p = radio del perno

s = distancia del semicírculo al centro de la rueda de Ginebra;

$$s \leq a(1 - \sin \beta_0)$$

ω = velocidad angular del impulsor, se asume como constante.

Procedimiento de diseño. ($\omega = cte$)

1. - Seleccionar el número de estaciones ($n \geq 3$). $n = 5$
2. - Especificar la distancia entre centros a ; $a = 86.43$ mm., *esta distancia depende de los requerimientos físicos, del equipo.
3. - Especificar el radio del perno r_p ; $r_p = 6.2$ mm.
4. - Calcular: $r_1 = a \sin \beta_0$; $r_2'^2 = (a \cos \beta_0)^2 + r_p^2$; $s \leq a(1 - \sin \beta_0)$;

$$|\alpha_0| = (\pi/2) \left[\frac{(n-2)}{n} \right] \quad | \beta_0 | = \pi/2 - \alpha_0; \quad | \beta_0 | = \pi/n \text{ radianes}$$

$$\gamma = (\pi/n)(n+2) \text{ radianes.}$$

$$|\alpha_0| = 180/2 \left[\frac{(5-2)}{5} \right] = \boxed{54^\circ}$$

$$|\beta_0| = 180/2 - 54^\circ = \boxed{36^\circ}$$

$$r_1 = 86.43 \sin(36^\circ) = \boxed{50.8 \text{ mm}}$$

$$r_2 = 86.43 \cos(36^\circ) = \boxed{69.92 \text{ mm}}$$

$$r_2' = 69.92 \left(1 + 6.23^2 / 69.92^2\right)^{1/2} = \boxed{70.2 \text{ mm}}$$

$$s \leq 86.43(1 - \sin 36^\circ) = \boxed{35.69 \text{ mm}}$$

$$\gamma = (\pi/5)(5+2) = \boxed{252^\circ}$$

Apéndice B.

Antecedentes científicos para el equipo "origen del gen transgénico".

A pesar de que la ingeniería genética puede producir hoy resultados espectaculares (con frecuencia descritos como plantas y animales bajo diseño), esta sorprendente herramienta es producto de miles de años de desarrollo, durante los cuales los humanos han manipulado el genoma de otros organismos mediante métodos más sencillos que los actuales.

La selección genética por cruza programadas ha creado miles de plantas y animales extraordinarios: desde animales comunes de granja que producen más leche o lana más gruesa y de mejor calidad, hasta extrañas variedades de plantas con características muy diferentes a las de sus antecesores silvestres. (Levine y Suzuki, 2000)

La crianza tradicional de plantas y animales, sin embargo, está limitada a modificaciones dentro de una misma especie, dado que las barreras naturales a la transferencia de genes impiden, por ejemplo, combinar a un humano con una bacteria o una oveja. El condimento de los mitos de muchas culturas son las criaturas fantásticas imaginadas a partir de elementos de dos o más especies: caballos con alas o dragones con cabeza humana, precisamente porque estas combinaciones desafían el orden natural de las cosas.

En realidad, manipular genes es difícil y complicado. Sin embargo, las herramientas moleculares, cada vez más elaboradas, han permitido generar una corriente de descubrimientos y hazañas, como el transferir genes humanos al ganado, genes de insectos a las plantas y genes de prácticamente cualquier célula viva a las bacterias. Los organismos *transgénicos* resultantes pueden o no parecer diferentes a primera vista, pero poseen atributos a los que aun los investigadores atribuyen una aura mítica. Los cromosomas modificados por ingeniería genética que llevan secuencias de dos o más especies, se conocen como ADN *quimérico*.

Las aplicaciones comerciales que resultan de "cortar y pegar" genes han inundado la industria biotecnológica, en prácticamente un abrir y cerrar de ojos. En este proceso, se ha creado una nueva relación entre la investigación básica (la que permitió desarrollar las herramientas esenciales mediante una intensa y complicada experimentación) y los negocios, que contribuyen con la habilidad para desarrollar y comercializar productos, y hacer máxima la eficiencia de producción. Es aún difícil de evaluar el poder que puede llegar a tener esta combinación: las aplicaciones médicas tienen el potencial de revolucionar el sistema de salud, mientras que la biotecnología agrícola promete llevarnos a una segunda "*revolución verde*". Incluso una lista parcial de los posibles beneficios derivados de la biotecnología agrícola resulta impresionante: semillas con alto contenido proteínico, plantas que requieren menor o ninguna fertilización, cultivos en suelos salinos, o plantas que producen sus propios pesticidas.

Sin embargo, la revolución que significa la ingeniería genética nos ha llegado sin darnos tiempo para reflexionar sobre sus implicaciones. La manipulación genética, al ofrecer posibilidades cuyos límites solo son la habilidad y la imaginación, genera importantes cuestionamientos científicos, sociales y éticos.

Apéndice C

Factores humanos en el diseño de equipos.

Es cierto que todos los productos creados por el hombre poseen en sí mismos algo de la racionalidad, de los valores, de la emotividad de quienes los han concebido, proyectado y producido. Pero si es el diseñador quien da "forma" a los productos que conforman nuestro nuevo entorno artificial, no podemos olvidar que lo que en definitiva legitima al diseñador es precisamente su "rol" como intérprete de la sociedad, y por lo tanto, de alguna manera, también del usuario en cuanto consumidor final.

Por tanto la posición del diseñador es ambivalente: por un lado, contribuye a la elaboración "técnica" del entorno artificial, pero por otro ha de conseguir que ese entorno técnicamente elaborado sea tanto social como individualmente "habitabile". A una mayor masificación, alienación y deshumanización - características estas predominantes en nuestra sociedad actual - es preciso responder con la creación de un entorno no sólo utilitario, seguro, grato y confortable, sino también personalizado. Lo que implica asumir una responsabilidad ético-profesional mucho más subordinada a las necesidades y deseos del usuario que a los del promotor del objeto, artefacto o espacio a diseñar. Y exige una mayor presencia de la ergonomía en su diseño.

Por ello, la ergonomía, la ciencia aplicada de carácter multidisciplinar que estudia las relaciones e interrelaciones existentes entre el hombre y su entorno habitable, con la finalidad última de adecuar éste a aquél, se considera hoy en día como una de las bases fundamentales, si no la más importante, del diseño (McCormick, 1980).

No se trata por tanto, como muchos desde un enfoque simplista y parcial pudieran pensar, de una ciencia auxiliar que simplemente coadyuva al "proceso de diseño" sino de algo mucho más complejo e importante como lo es el que ese "proceso de diseño" sea el "adecuado para su uso humano". De forma que, en definitiva hablar de adecuación del entorno al usuario - es decir hablar de ergonomía -, es tanto como hablar de "diseño ergonómico del entorno" - es decir hablar de diseño -.

Efectivamente el diseño ergonómico se sitúa en aquel particular punto de encuentro entre lo que el público podría querer (aunque no haya encontrado todavía el modo de expresarlo) y lo que la técnica podría ofrecer (aunque no haya encontrado todavía las bases a partir de las cuales hacerlo).

Por tanto y en definitiva el diseñador ha de ser capaz de conectar "lo posible" (lo que la técnica pone a nuestra disposición) con "lo deseable" (aquello que la sociedad, o parte de ella, podrían desear), ya que tal y como afirma (Manzini, 1992), "frente a la amplitud de aquello que la técnica propone como posible, es el campo cultural el que impone ciertos límites". Límites que se concretan en las relaciones de interacción entre el entorno y el usuario.

De aquí el que, de un tiempo a esta parte, la ergonomía - en un principio orientada exclusivamente al estudio de las relaciones "hombre-máquina" para el rediseño de los puestos de trabajo en el ámbito concreto de la industria, haya ido ampliando su campo de aplicación hasta abarcar desde el diseño y creación de los más avanzados objetos y herramientas manejadas por el ser humano en su trabajo profesional, o doméstico,

pasando por la organización de todas sus actividades, laborales o no, incluyendo la adecuada disposición y operatividad de los equipos a utilizar, hasta la más amplia aplicación de la ergonomía que actualmente se encuentra en el llamado "diseño ambiental", que comprende todo lo relacionado con la adecuación del entorno habitable al hombre.

Pero no se trata sólo de una ampliación de carácter "extensivo" hasta llegar a abarcarlo todo cuanto se "diseña" es decir la totalidad de nuestro entorno artificial, sino también de una ampliación de carácter "intensivo" para poder cubrir todas las posibles relaciones entre el producto y el usuario, lo que exige diseñar ergonómicamente no solo las fases - tradicionales - de proyecto y producción sino también las de mercado, distribución, uso y mantenimiento.

A este respecto y como todos sabemos, tanto el entorno habitable en su conjunto como todos y cada uno de sus componentes cuentan con:

- Una "estructura", que el diccionario define como "distribución de las partes del cuerpo o de otra cosa".
- Una "función" definida así mismo por el diccionario como el "ejercicio de un órgano o aparato de los seres vivos, máquinas o instrumentos".
- Una "forma" que según el diccionario se define como "figura o determinación exterior de la materia".

Aspectos estos: estructura, función y forma, que eran los únicos que se tomaban en consideración para el diseño de productos. Pero actualmente y como dice (Grieco, 1990) "si la calidad del objeto ha de ser adecuada a los objetivos y a su modo de uso, se deduce que lo que se debe proyectar no es solamente el objeto en sí, sino también las diversas relaciones que se establecerán entre dicho objeto y sus probables usuarios". Como puedan ser por ejemplo, el diseño de los manuales e instrucciones de funcionamiento y mantenimiento e incluso el diseño de los cursos y seminarios de formación del personal que haya de utilizarlos.

C.1 Importancia de la ergonomía.

Ciertamente son innumerables los métodos y sistemas de diseño propuestos a lo largo del tiempo, pero todos ellos plantean un esquema, que en síntesis puede concretarse, al menos desde un punto de vista práctico, en un proceso que consta de las siguientes fases genéricas(Bonsiepe, 1975):

- Establecimiento de los objetivos.
- Definición de las especificaciones.
- Elaboración del diseño.
- Evaluación del prototipo.
- Redefinición del producto final.

En todas las cuales, excepción hecha de la primera que corresponde en exclusiva a quienes podemos llamar "promotores" del producto, es necesaria la intervención de la ergonomía. Ya que sin duda alguna y como afirma rotundamente (Bonsiepe, 1978), "los datos proporcionados por la ergonomía constituyen la premisa general e indispensable al trabajo de proyectación". Dependiendo lógicamente, el papel a desarrollar por la misma, y

por tanto los conocimientos y habilidades requeridas, de la fase en la que haya de aplicarse.

A este respecto durante la fase de *definición de las especificaciones*, y dado que si éstas están bien definidas las soluciones lógicas tenderán a aparecer como sus consecuencias naturales, la tarea a desarrollar por la ergonomía será básicamente la de llevar a cabo trabajos de análisis, cuyo propósito es el de facilitar al diseñador:

- Una descripción de los posibles usuarios, mediante su identificación y definición según. Por ejemplo, sus características antropométricas, biomecánicas, caracterológicas, etc.
- Una definición de los requerimientos de uso del producto incluyendo, en su caso, la descripción de los aspectos relevantes del entorno, tales como iluminación, nivel de ruido, temperatura, etc.
- Un análisis de todos los modelos, normas legales, y especificaciones de carácter ergonómico que existan o se estén llevando a cabo en relación con el producto.

En cuanto a la fase de *elaboración del diseño*, las principales labores de la ergonomía son las de:

- Ayudar al diseñador en la evaluación y especificación de los requisitos, por ejemplo de seguridad. Instalación, mantenimiento, etc., mediante el aporte de todos los datos necesarios, relativos al previsto usuario:
- Concretar y definir las conexiones de todo tipo que pueden establecerse entre el producto y el usuario, es decir, las llamadas "interfaces".

A este respecto conviene advertir que algunas de estas "interfaces" casi nunca suelen tenerse en cuenta, como suele ocurrir, por ejemplo, con el diseño de los manuales de uso, o la formación de los usuarios, olvidando que estos aspectos también han de ser planificados durante esta fase de diseño. En vez de ser añadidos en el último momento, para evitar la infrautilización del producto.

Por lo que se refiere a la fase de *evaluación del prototipo*, generalmente basado en el desarrollo de pruebas específicas y simulaciones de uso, necesarias por cuanto algunos factores o sus límites no pueden ser calculados o predichos con exactitud de antemano porque dependen de circunstancias directamente relacionadas con el funcionamiento del producto, la intervención de la ergonomía se centra en:

- La selección de sujetos, representativos del perfil del previsto usuario, para no utilizar durante las pruebas, como generalmente se hace, a personas del propio equipo o cercanas a ellos, secretarios, amigos, etc. que invalidan, o cuando menos sesgan, los resultados a obtener.
- La medición y evaluación de los resultados de estas pruebas y simulaciones, tanto los de carácter objetivo exigencias requeridas, errores cometidos, tiempo empleado, etc. - como los de carácter subjetivo-, opiniones y actitudes del usuario hacia el producto y sus condiciones de utilización.

- La realización y análisis de pruebas de funcionamiento y uso del prototipo en diversas situaciones ambientales cuyo control permita determinar su influencia tanto sobre el operador durante la utilización del producto, como sobre el funcionamiento, resistencia, etc. De éste.

Por tanto y como acabamos de ver, a lo largo de estas tres fases y en general, el objeto de la investigación ergonómica se centra fundamentalmente en el análisis y evaluación, tanto desde el punto de vista cuantitativo como desde el cualitativo, de todos los factores a tomar en consideración por el diseñador en cuanto a:

- Factores relacionados con el usuario, como por ejemplo, sus características: antropométricas, anatómicas, fisiológicas, biomecánicas, psico-perceptivas. etc.
- Factores relacionados con el producto, como por ejemplo, sus requisitos: formales, (textura, color, etc.), funcionales (componentes, operatividad, etc.), y estructurales (materiales, tamaño, etc.).
- Factores relacionados con el uso, como por ejemplo, sus exigencias: de consumo, atención, control, rendimiento, seguridad, etc.
- Factores relacionados con el ambiente, como por ejemplo, sus requerimientos: de espacio, iluminación, temperatura, ventilación, aislamiento, etc.

C.2 Factores relacionados con el usuario (Antropometría del usuario modelo).

Se conoce como antropometría el estudio de las dimensiones del cuerpo humano sobre una base comparativa. Su aplicación al proceso de diseño se observa en la adaptación física o interfase, entre el cuerpo humano y los diversos componentes del espacio interior. En el diseño de equipos para un museo interactivo, se consideran los factores humanos de acuerdo al uso que se le dará. En el diseño del equipo interactivo que nos ocupa, el usuario, deberá desplazar piezas, girar perillas y leer información situada a cierta altura y distancia, por lo que es importante respetar las dimensiones humanas relacionadas con la función del equipo, para lograr la mayor eficiencia en el manejo del mismo.

La utilización de datos antropométricos, aunque nunca sustituirá al buen diseño o juicio ponderado del profesional, debe entenderse como una de las muchas herramientas del proceso del diseño (Panero, 1998). Los datos antropométricos que se tomaron en cuenta, para el diseño del equipo "*Origen de un gen transgénico*", se basan en categorías que engloban al visitante promedio del Museo de las Ciencias *UNIVERSUM*, en la Figura C.1, se muestran algunas de ellas.

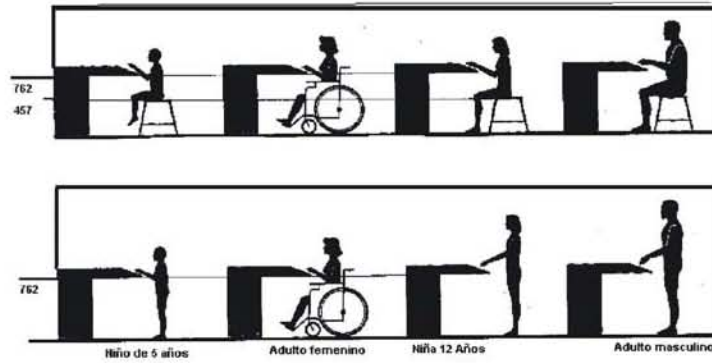


Fig. C.2.1 Inclinación del tablero. Vista frontal de la mesa tablero

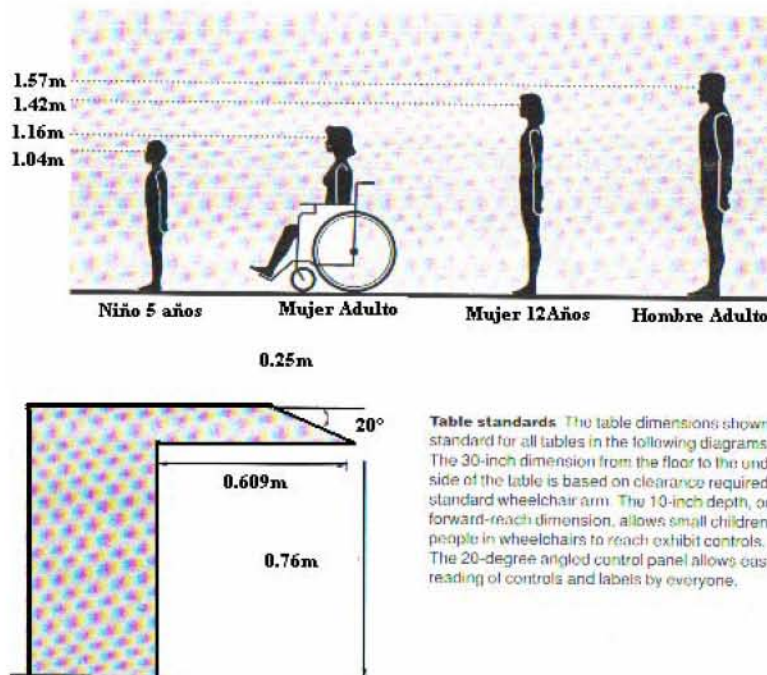


Fig. C.2.2 Campo de observación de los diferentes usuarios.

La Figura (C.2.1) y (C.2.2) muestran los diferentes rangos de contacto y visión de los posibles usuarios del equipo, así como las dimensiones generales de un tablero de control, para ser manejado tanto sentado como parado.

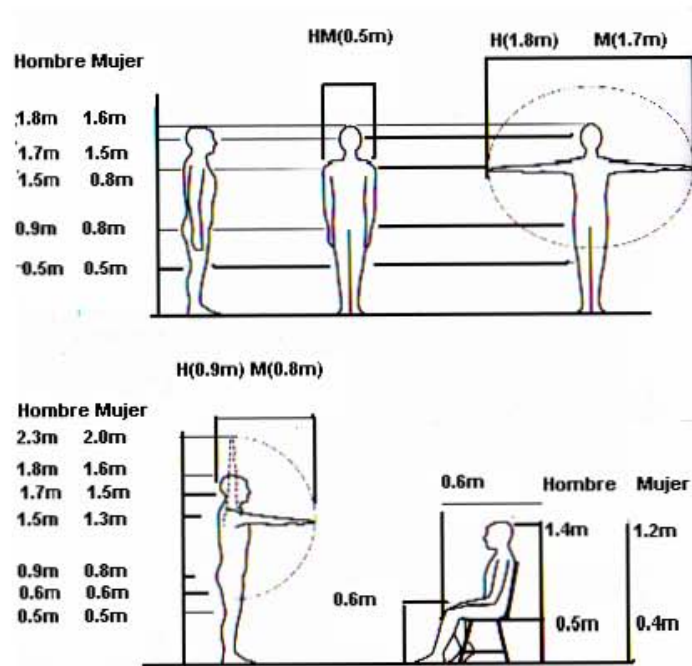
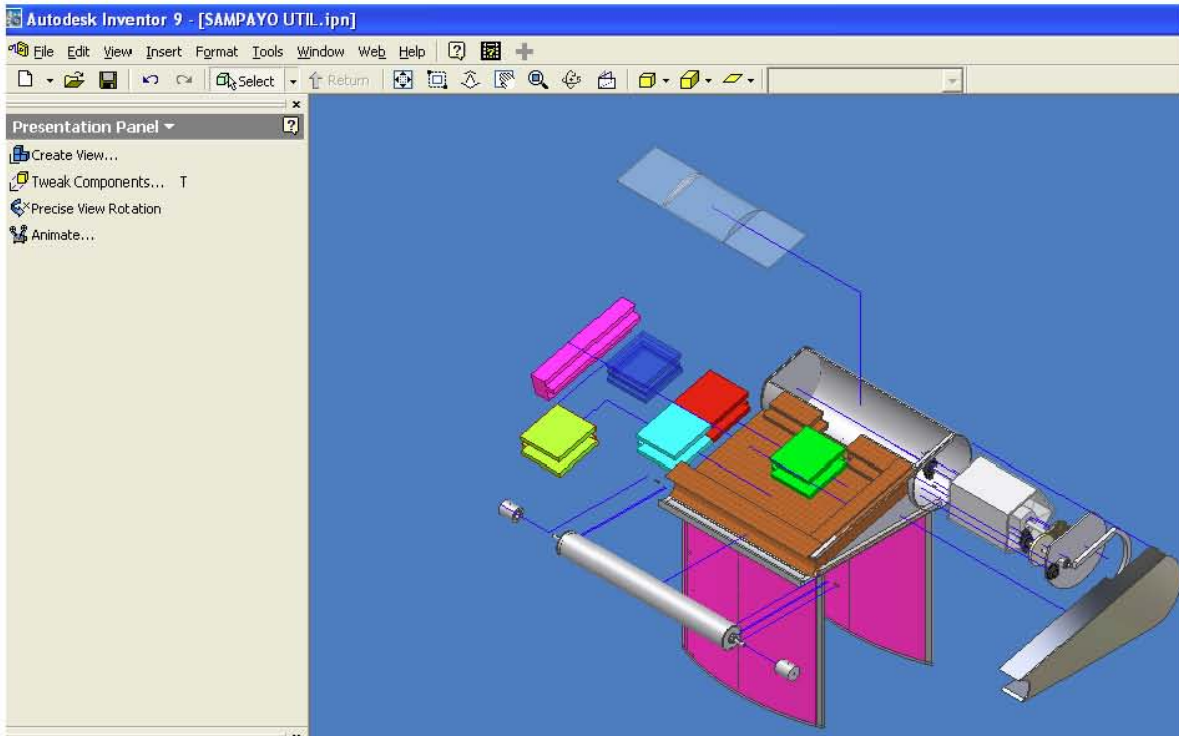


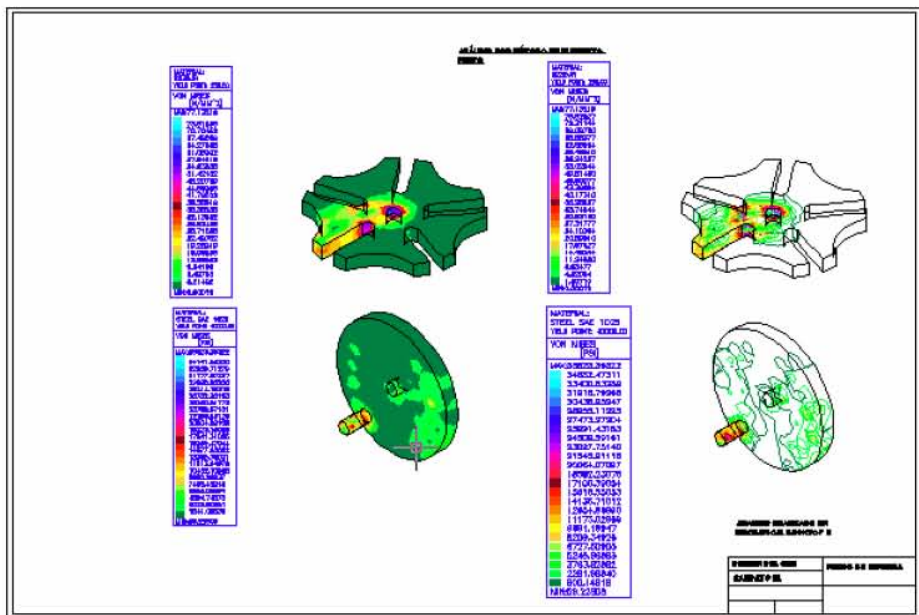
Figura C.2.3 Dimensiones humanas básicas, utilizadas para el diseño del equipo "Origen de un gen transgénico"

Apéndice D

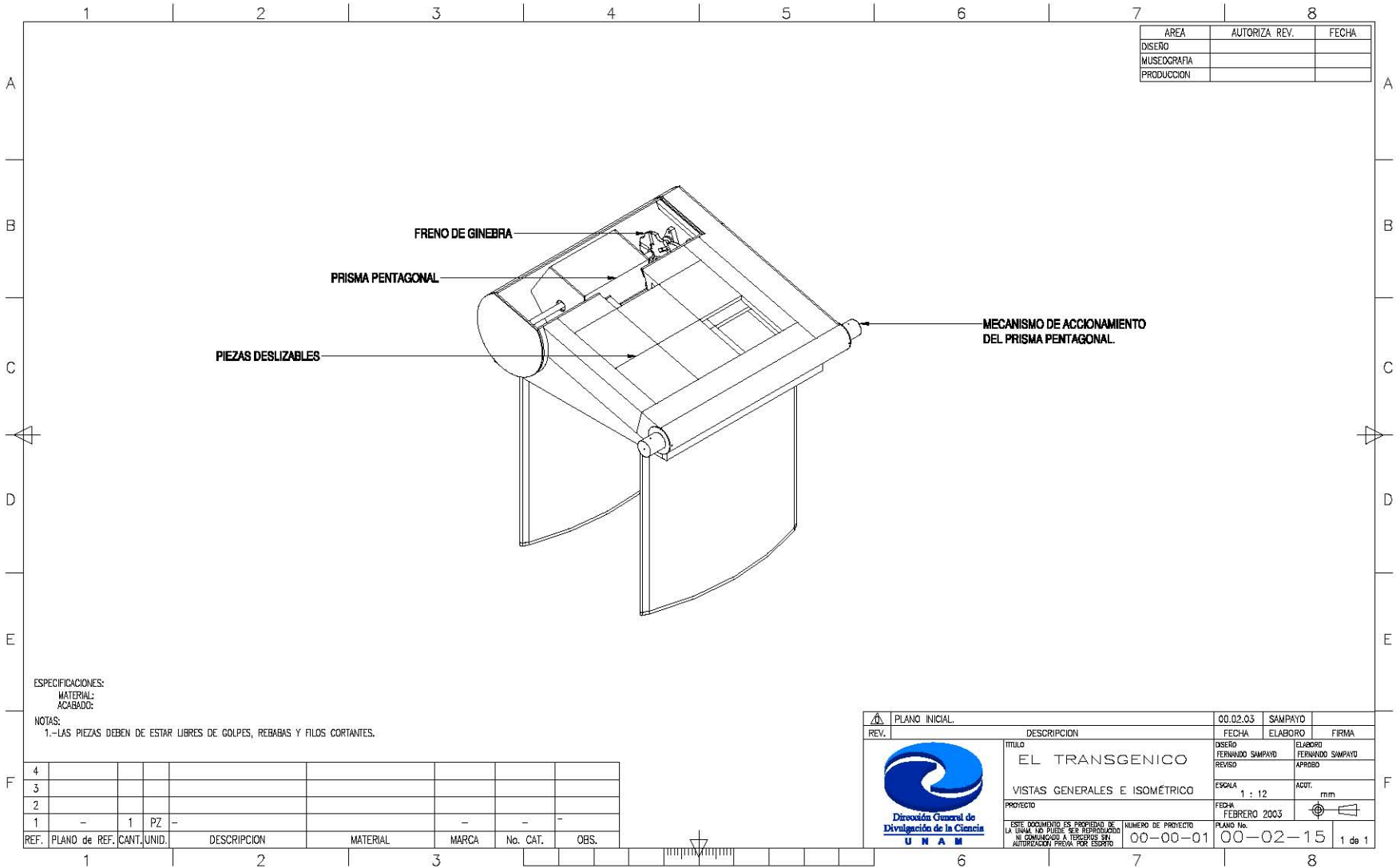
Planos de diseño y Fabricación.



Explosivo del equipo “Origen de un gen transgénico”, realizado en Inventor9



Análisis por medio del método del elemento finito, realizado en Mechanical Desktop6.





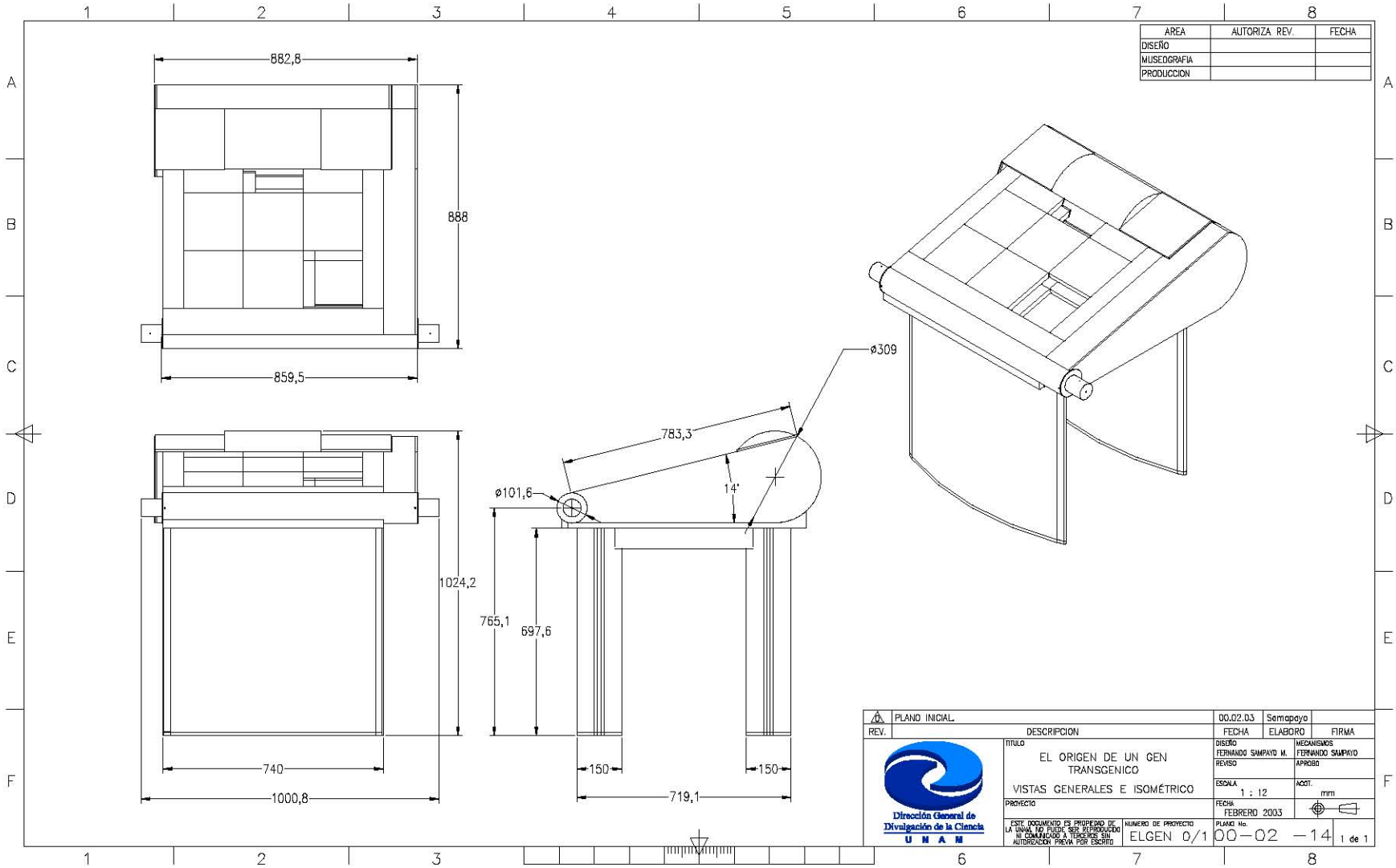
AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISERO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

ESPECIFICACIONES:
MATERIAL:
ACABADO:

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-				
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL.		00.02.03	SAMPAYO
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO
			FIRMA
 UNAM Dirección General de Divulgación de la Ciencia		DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO APROBO	FIRMA FERNANDO SAMPAYO
TITULO EL TRANSGENICO		ESCALA 1 : 12	ACOT. m.m
VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO		PROYECTO FEBRERO 2003	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>		NUMERO DE PROYECTO 00-00-01	PLANO No. 00-02-15
			1 de 1

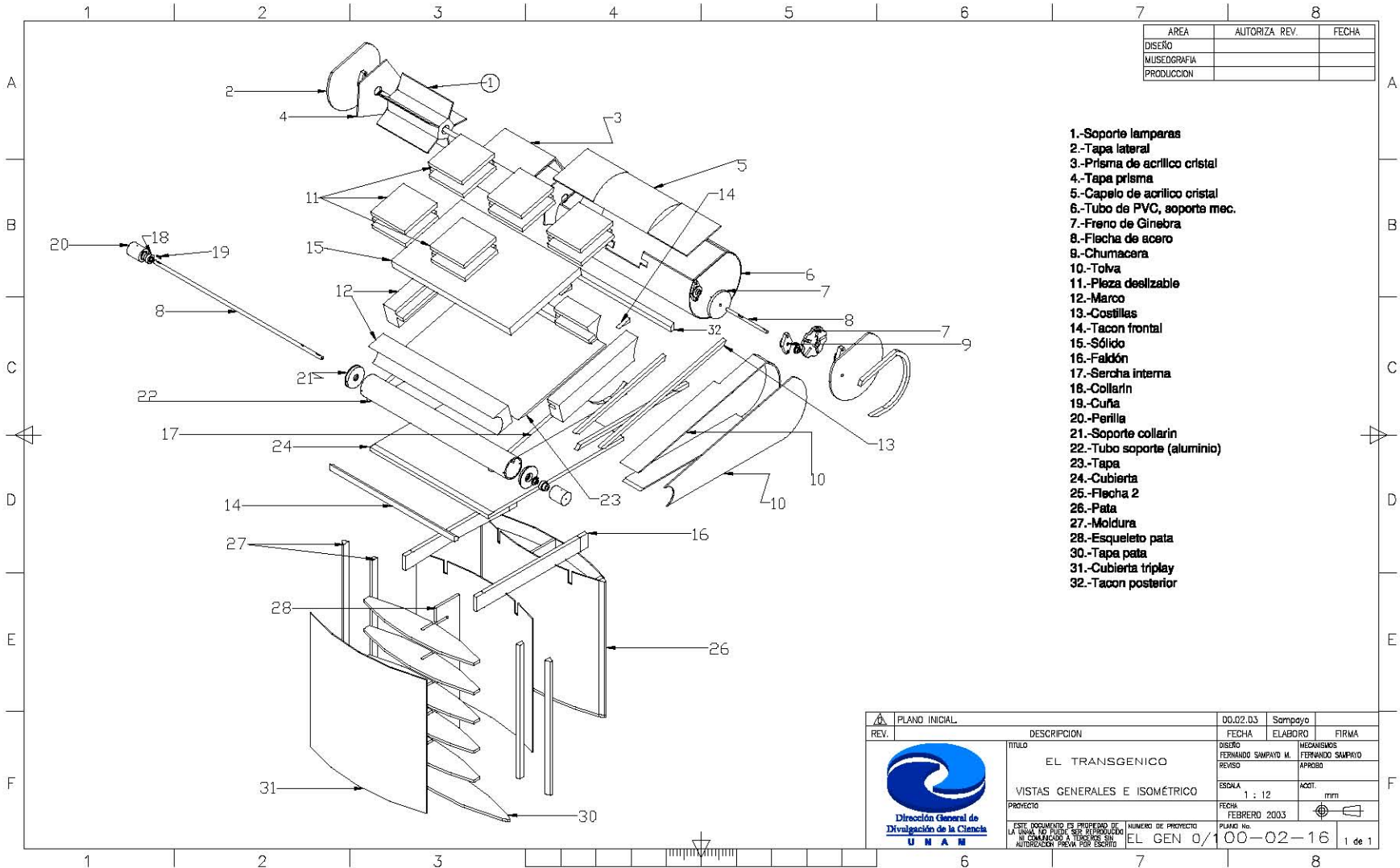


AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

PLANO INICIAL	00.02.03	Semmapayo	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO
	EL ORIGEN DE UN GEN TRANSGENICO	FERNANDO SAMPAYO M.	FERNANDO SAMPAYO
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	MECANISMOS	APROBO
		ESCALA	1 : 12
		FECHA	FEBRERO 2003
		PLANO No.	00-02-14
		NUMERO DE PROYECTO	ELGEN 0/1
			1 de 1



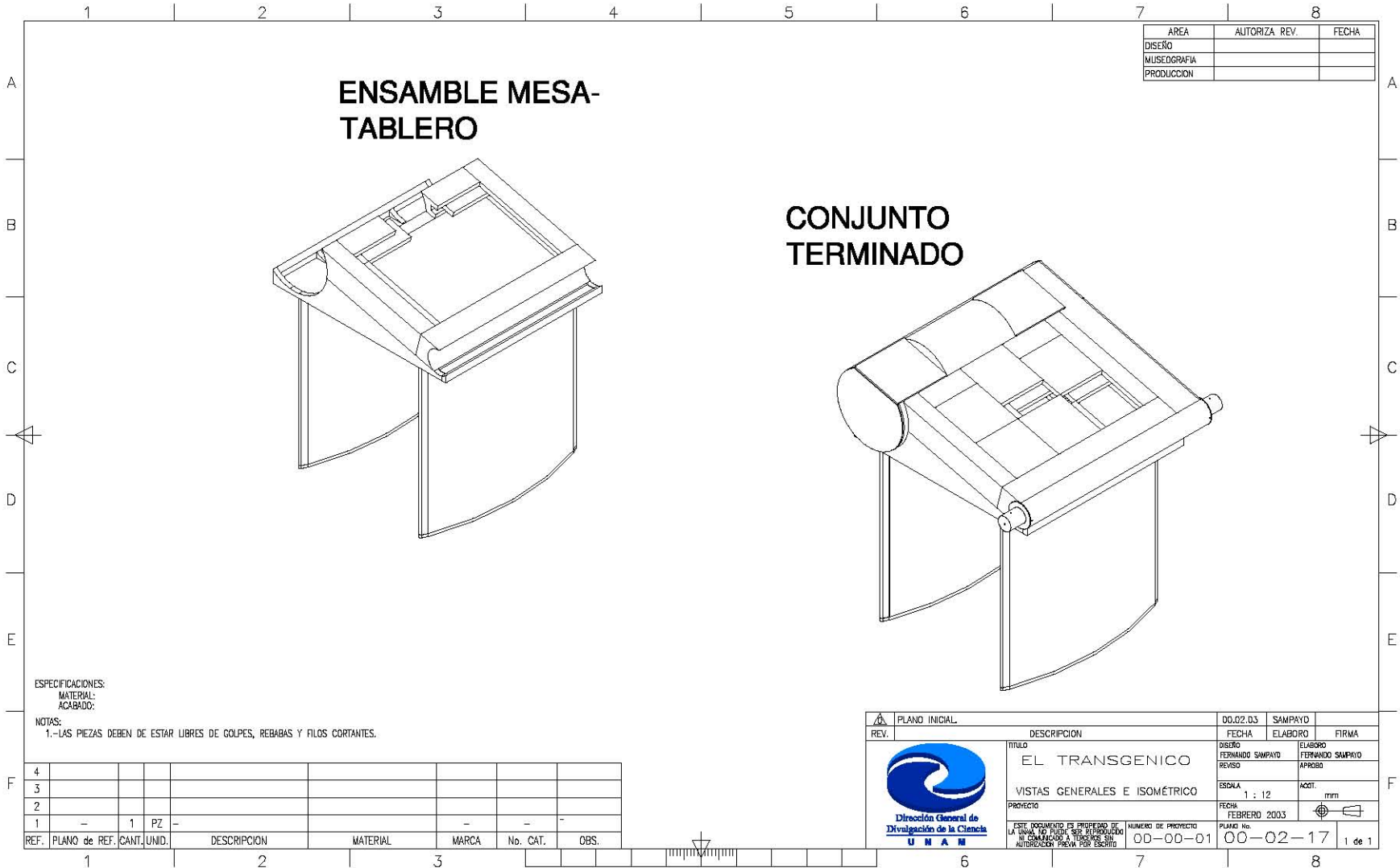
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.



AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

- 1.-Soporte lamparas
- 2.-Tapa lateral
- 3.-Prisma de acrílico cristal
- 4.-Tapa prisma
- 5.-Capelo de acrílico cristal
- 6.-Tubo de PVC, soporte mec.
- 7.-Freno de Ginebra
- 8.-Flecha de acero
- 9.-Chumacera
- 10.-Tolva
- 11.-Pieza deslizable
- 12.-Marco
- 13.-Costillas
- 14.-Tacon frontal
- 15.-Sólido
- 16.-Faldón
- 17.-Sercha interna
- 18.-Collarín
- 19.-Cuña
- 20.-Perilla
- 21.-Soporte collarin
- 22.-Tubo soporte (aluminio)
- 23.-Tapa
- 24.-Cubierta
- 25.-Flecha 2
- 26.-Pata
- 27.-Moldura
- 28.-Esqueleto pata
- 30.-Tapa pata
- 31.-Cubierta triplay
- 32.-Tacon posterior

PLANO INICIAL	00.02.03	Sampayo	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	EL TRANSGENICO		
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	ESCALA	ACOT. mm
		1 : 12	
		FECHA	
		FEBRERO 2003	
		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA UNAM		NUMERO DE PROYECTO EL GEN 0/1	PLANO No. 00-02-16 1 de 1




AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

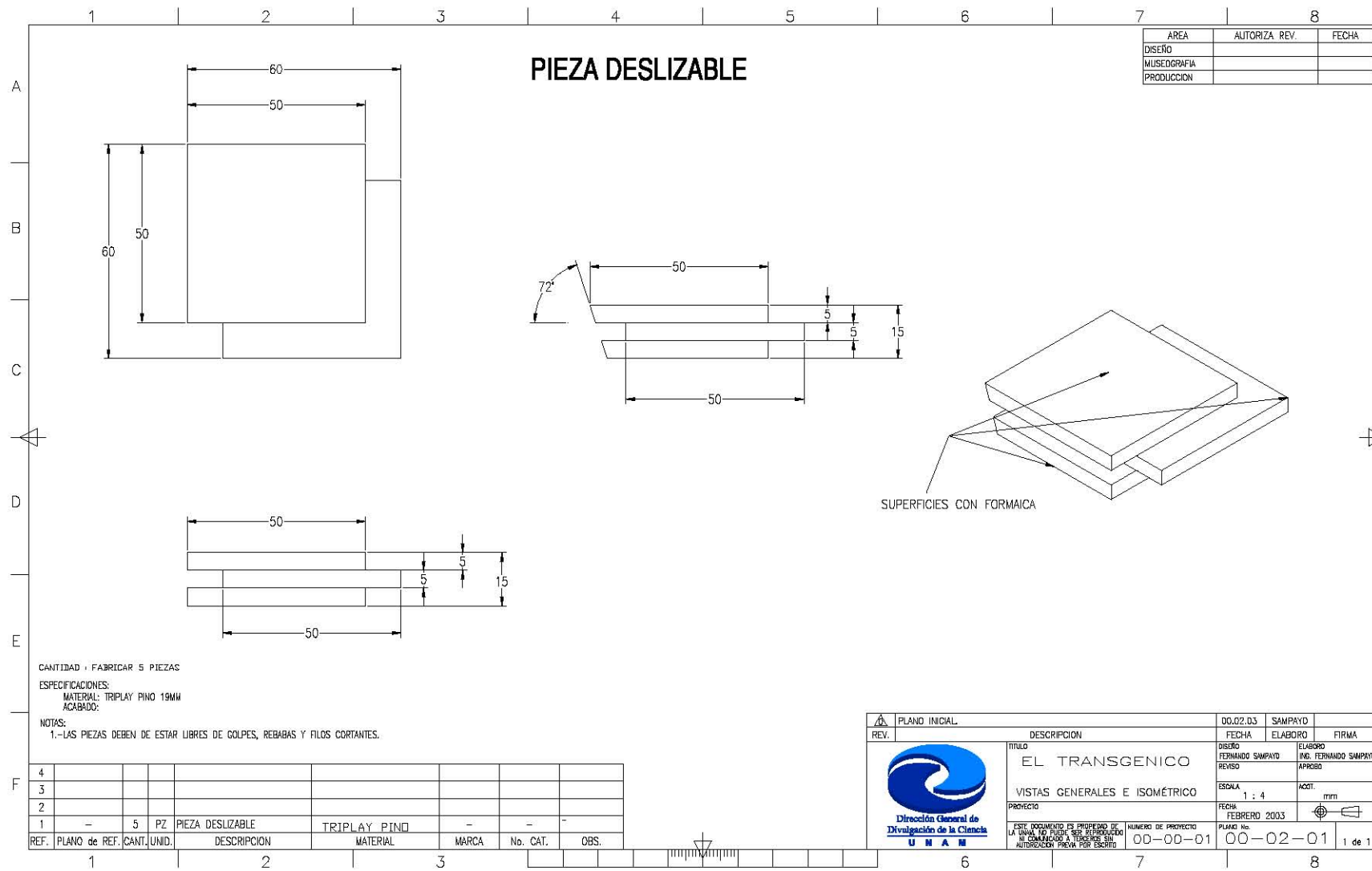
ENSAMBLE MESA-TABLERO

CONJUNTO TERMINADO

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL:
 ACABADO:
 NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.
4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-				

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 <p>EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISÓ	APROBO
		ESCALA 1 : 12	Acot. mm
	PROYECTO	FECHA FEBRERO 2003	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>		NUMERO DE PROYECTO 00-00-01	PLANO No. 00-02-17 1 de 1



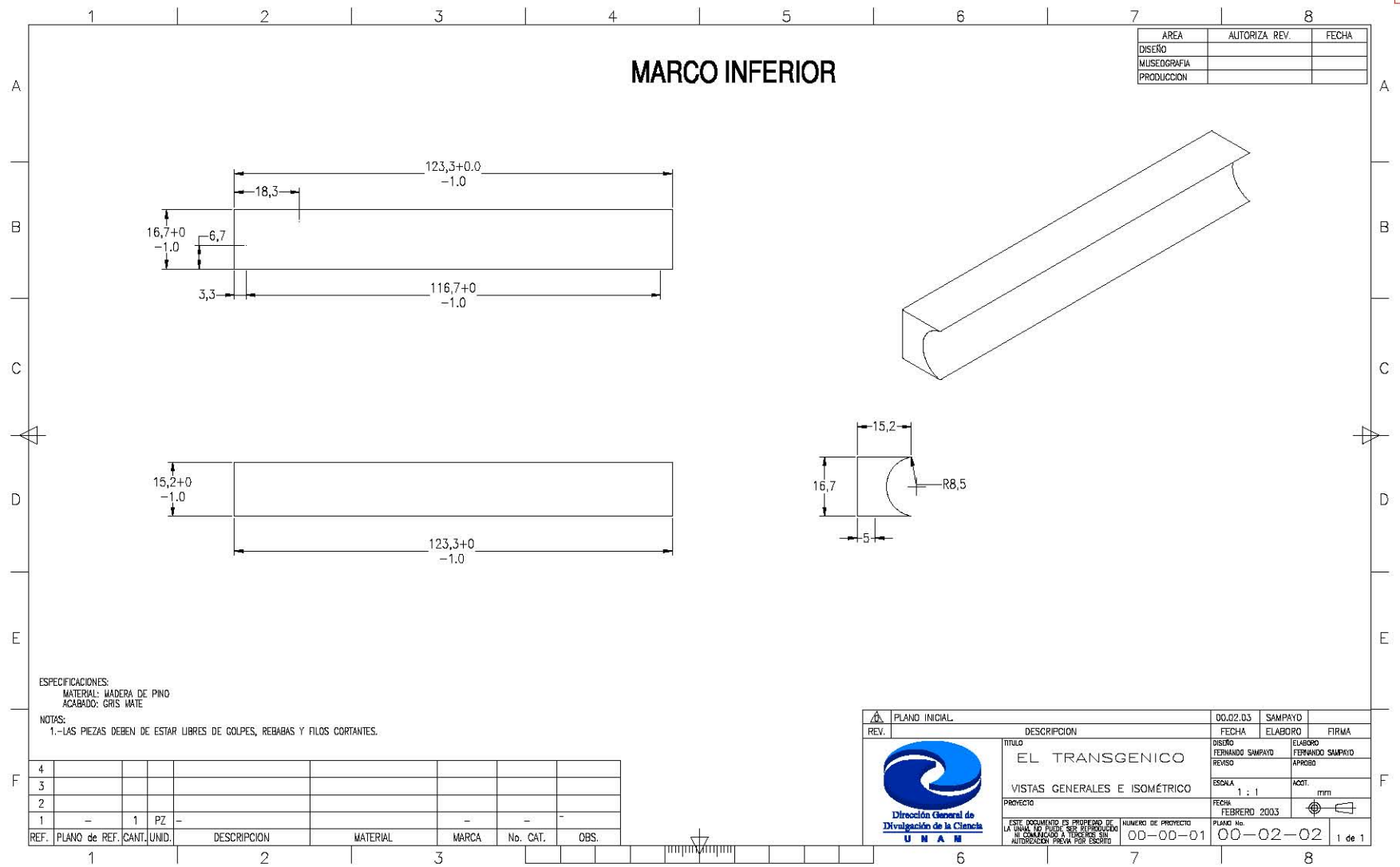
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

CANTIDAD : FABRICAR 5 PIEZAS
 ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: TRIPLAY PINO 19MM
 ACABADO:

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4							
3							
2							
1	-	5	PZ	PIEZA DESLIZABLE	TRIPLAY PINO	-	-
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYD	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO
			FIRMA
	TITULO	ELABORO	FIRMA
	EL TRANSGENICO	IND. FERNANDO SAMPAYD	IND. FERNANDO SAMPAYD
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	APROBO	APROBO
PROYECTO	ESCALA	1 : 4	ACOT.
	FECHA	FEBRERO 2003	mm
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	NUMERO DE PROYECTO	00-00-01	PLANO No. 00-02-01
			1 de 1



AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

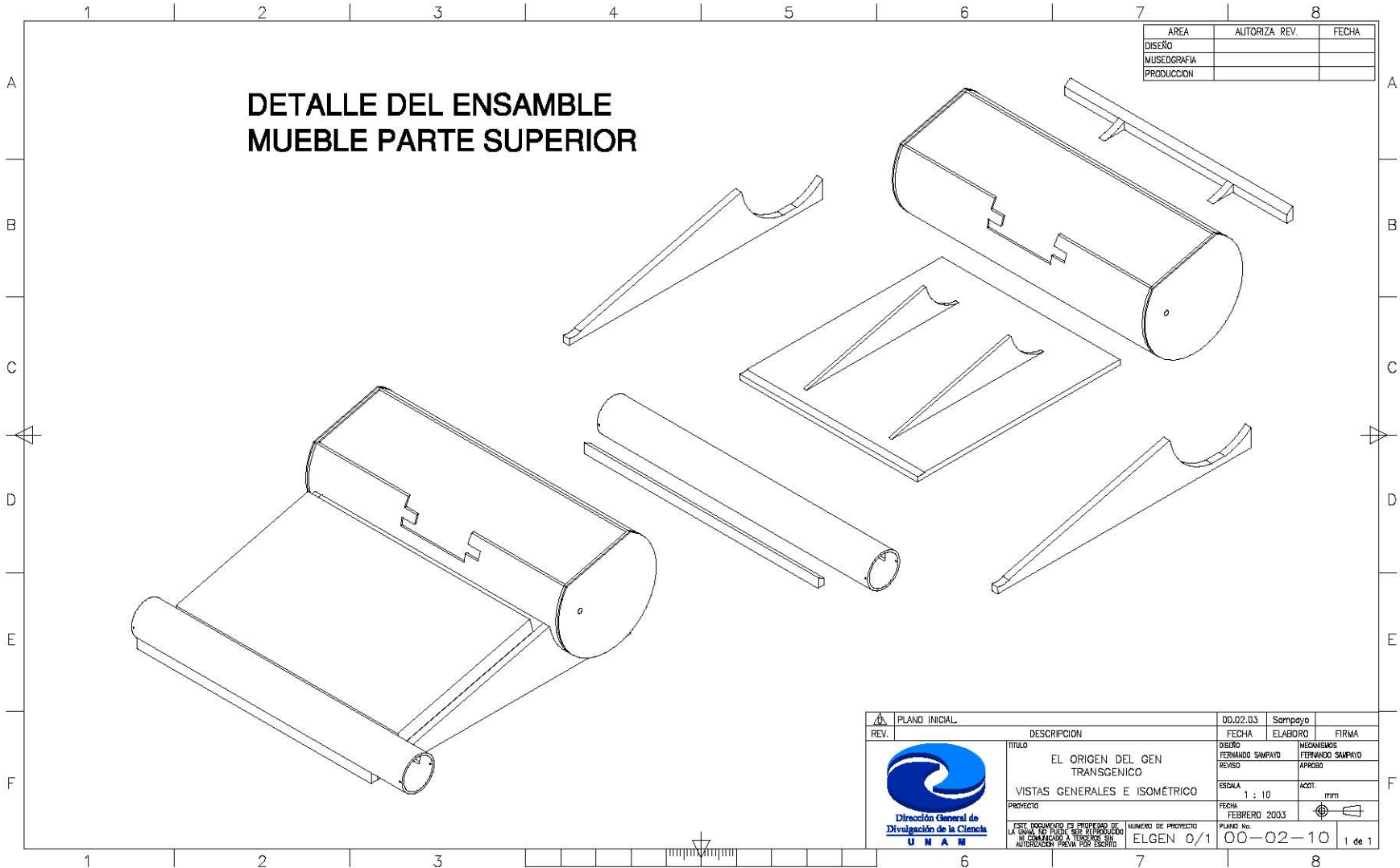
ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: MADERA DE PINO
 ACABADO: GRIS MATE

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.


4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-		
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA 1 : 1	Acot. mm
PROYECTO		FECHA FEBRERO 2003	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>		NUMERO DE PROYECTO 00-00-01	PLANO No. 00-02-02
			1 de 1

DETALLE DEL ENSAMBLE MUEBLE PARTE SUPERIOR

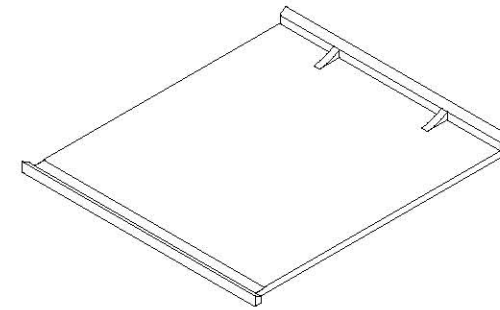
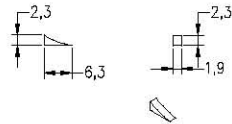
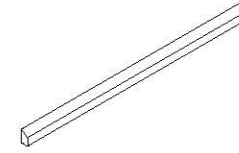
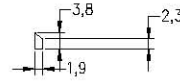
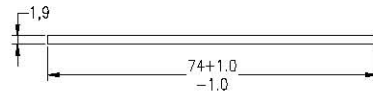
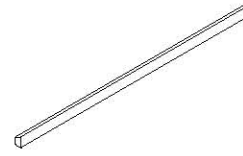
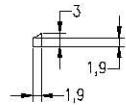
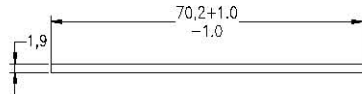


AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

PLANO INICIAL	00.02.03	Sampayo	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 <p>EL ORIGEN DEL GEN TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMETRICO</p>	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	MECANISMOS FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA 1 : 10	ACOT. mm
PROYECTO	FECHA FEBRERO 2003		
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO</small>		NUMERO DE PROYECTO ELGEN 0/1	PLANO No. 00-02-10 1 de 1

TACONES Y BASE

AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			



ESPECIFICACIONES:
MATERIAL: MADERA DE PINO
ACABADO: GRIS MATE (PANTONE #)

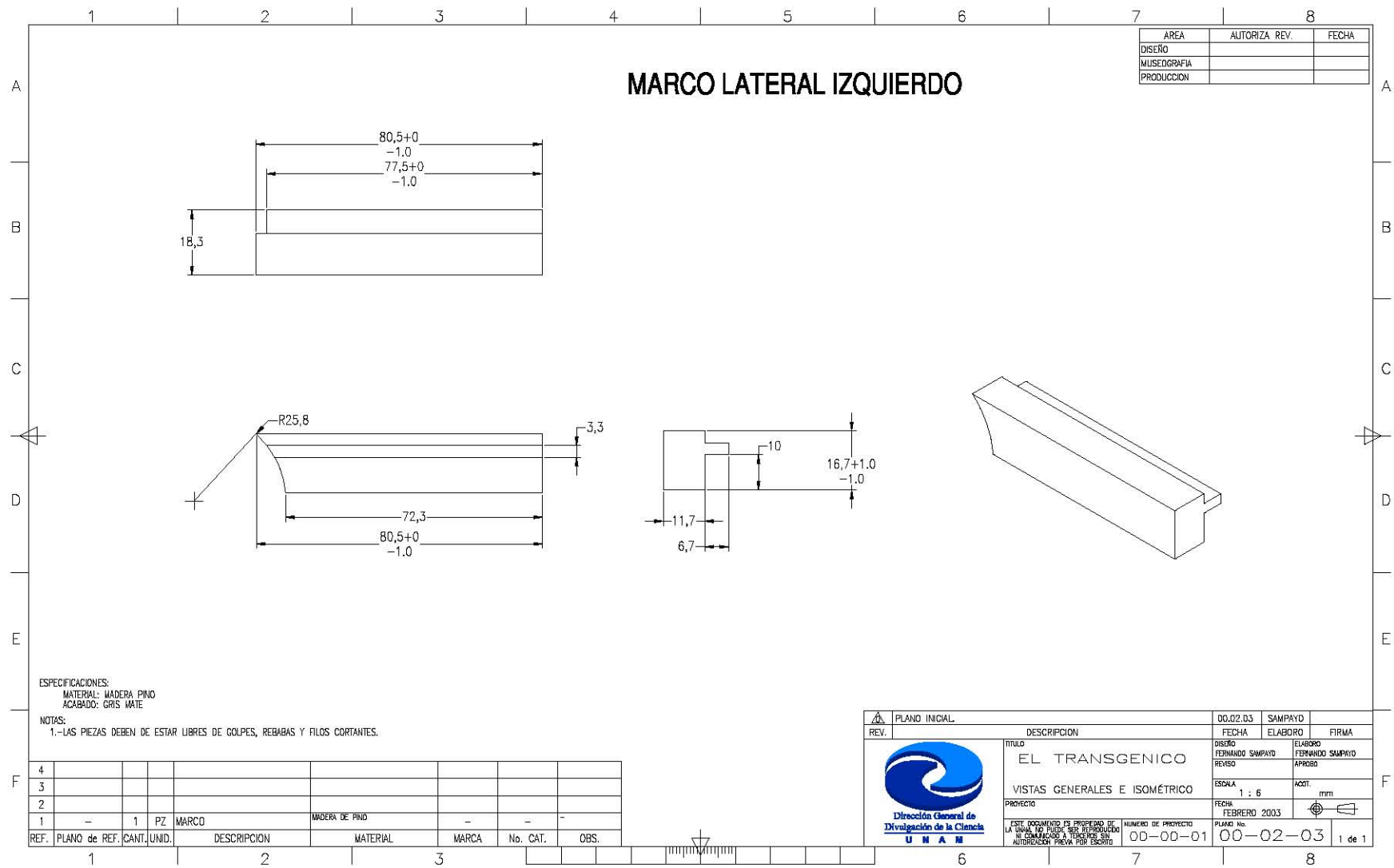
NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.02.03	SAMPAYO
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		DISEÑO	ELABORO
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA	1 : 10
		FECHA	FEBRERO 2003
		PROYECTO	
		NUMERO DE PROYECTO	00-00-01
		PLANO No.	00-02-11
			1 de 1



ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO




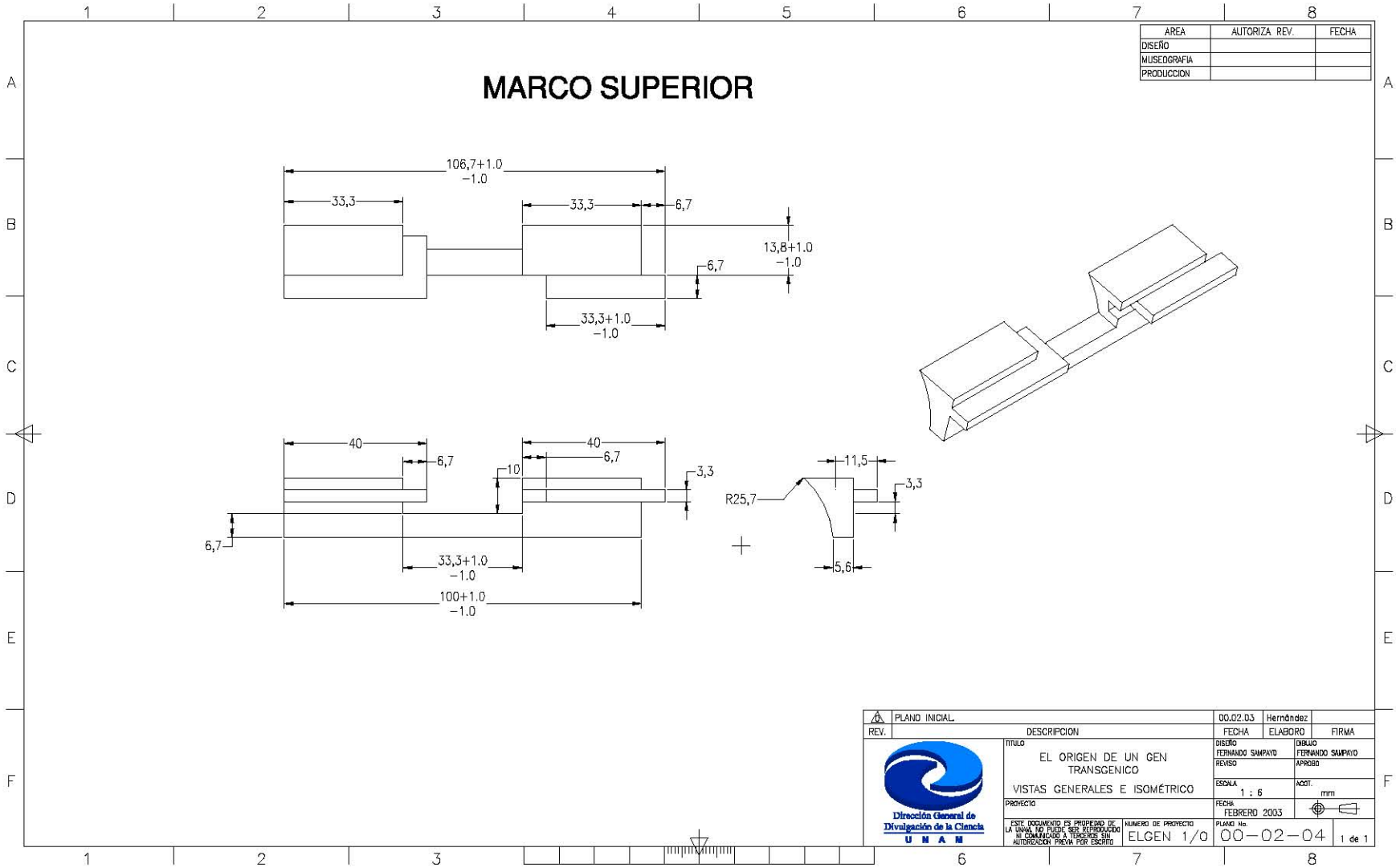
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: MADERA PINO
 ACABADO: GRIS MATE



NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4							
3							
2							
1	-	1	PZ	MARCO	MADERA DE PINO	-	-
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
	PROYECTO	ESCALA 1 : 6	Acot. mm
		FECHA FEBRERO 2003	
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	NUMERO DE PROYECTO 00-00-01	PLANO No. 00-02-03
			1 de 1

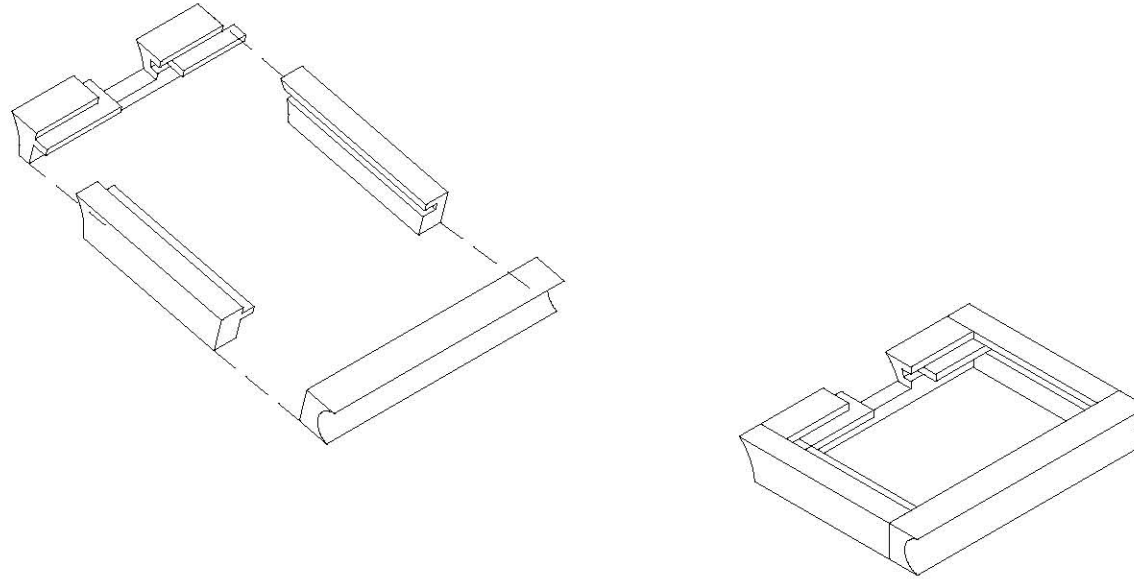


AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

PLANO INICIAL	00.02.03	Hernández	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 <p>EL ORIGEN DE UN GEN TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	DIBUJO FERNANDO SAMPAYO
		REVISADO	APROBADO
		ESCALA 1 : 6	Acot. mm
	PROYECTO	FECHA FEBRERO 2003	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>		NUMERO DE PROYECTO ELGEN 1/0	PLANO No. 00-02-04 1 de 1

ENSAMBLE MARCO

AREA	AUTORIZA. REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		





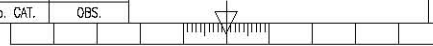
ESPECIFICACIONES:

MATERIAL: MADERA DE PINO
ACABADO: ESMALTE GRIS MATE

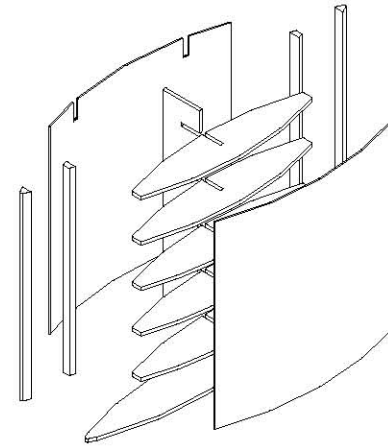
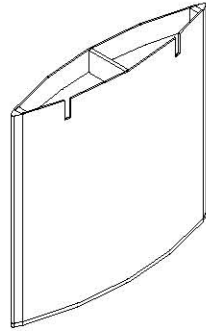
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILLOS CORTANTES.

REF.	PLANO de	REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No.	CAT.	OBS.
4										
3										
2										
1	-	1	PZ	-						

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 <p>EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA 1 : 10	ADOT. mm
		PROYECTO FECHA FEBRERO 2003	
		NÚMERO DE PROYECTO 00-00-01	PLANO No. 00-02-12 1de 1



DETALLE DEL ARMADO DE UNA PATA DEL EQUIPO "ORIGEN DE UN GEN TRANSGÉNICO"



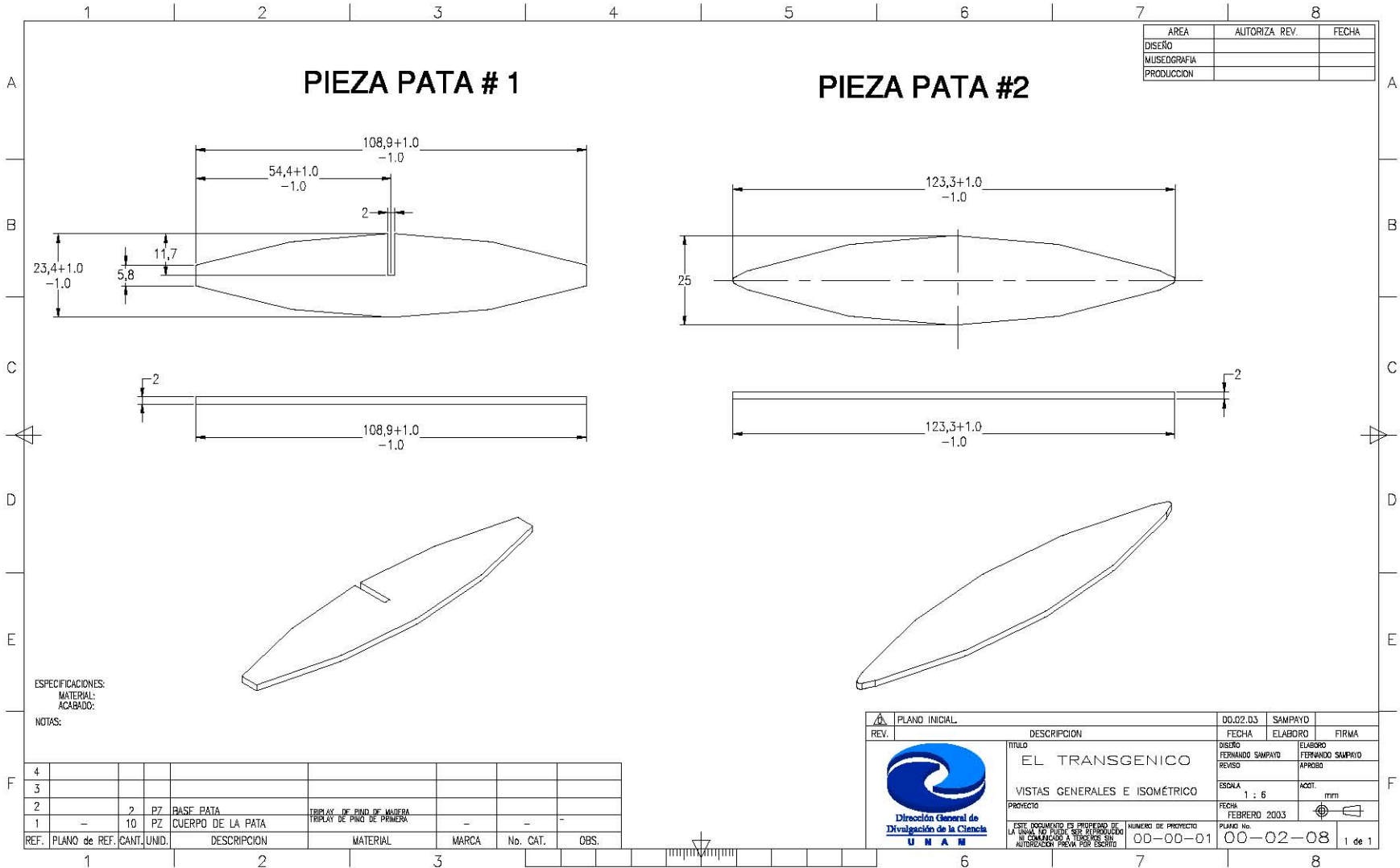
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
MATERIAL:
ACABADO:

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO
			FIRMA
	 <p>EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>	DISEÑO	ELABORO
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA	Acot.
		1 : 12	mm
	PROYECTO	FECHA	
		FEBRERO 2003	
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
		00-00-01	00-02-13
			1 de 1

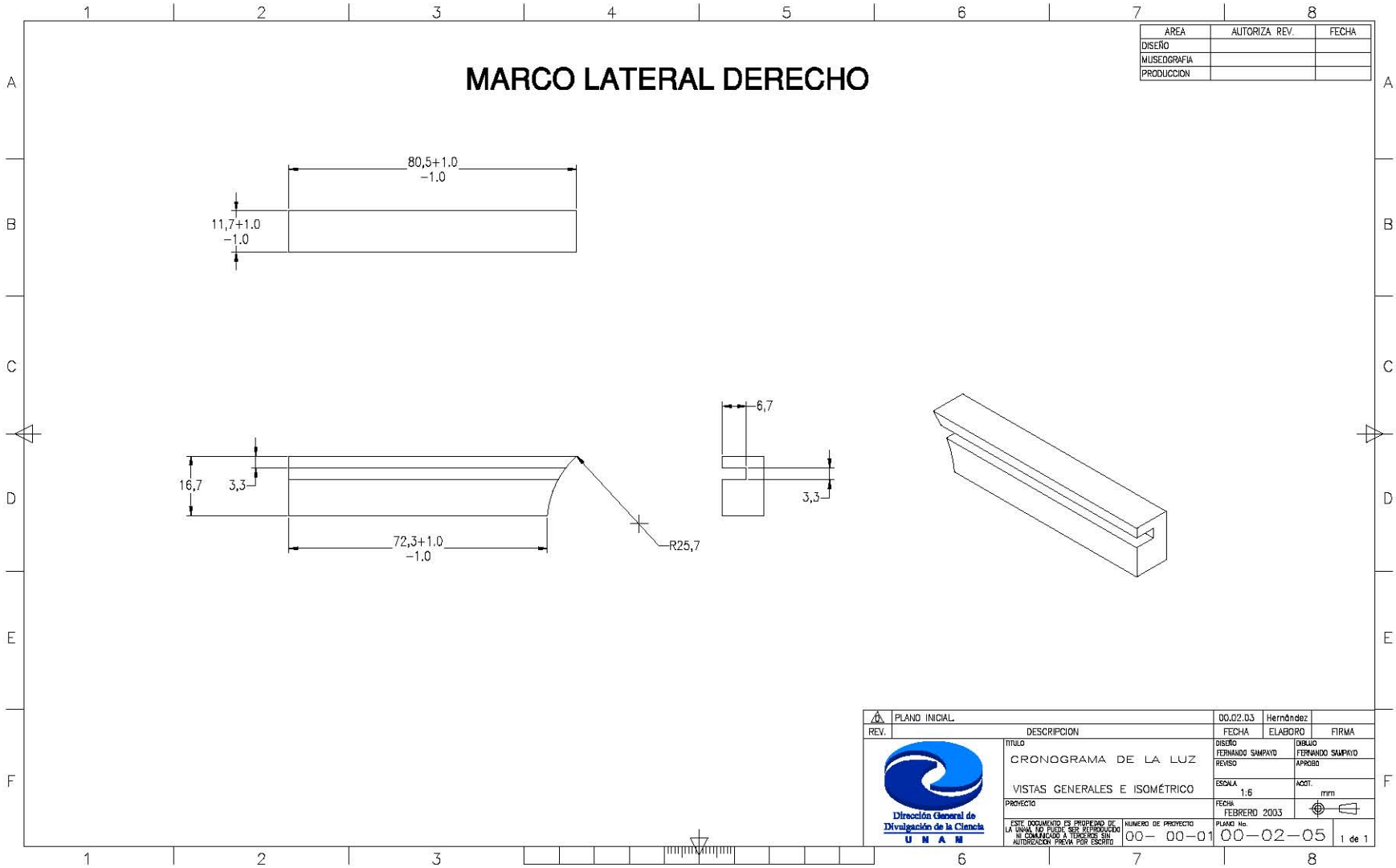


AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			



ESPECIFICACIONES:
MATERIAL:
ACABADO:
NOTAS:

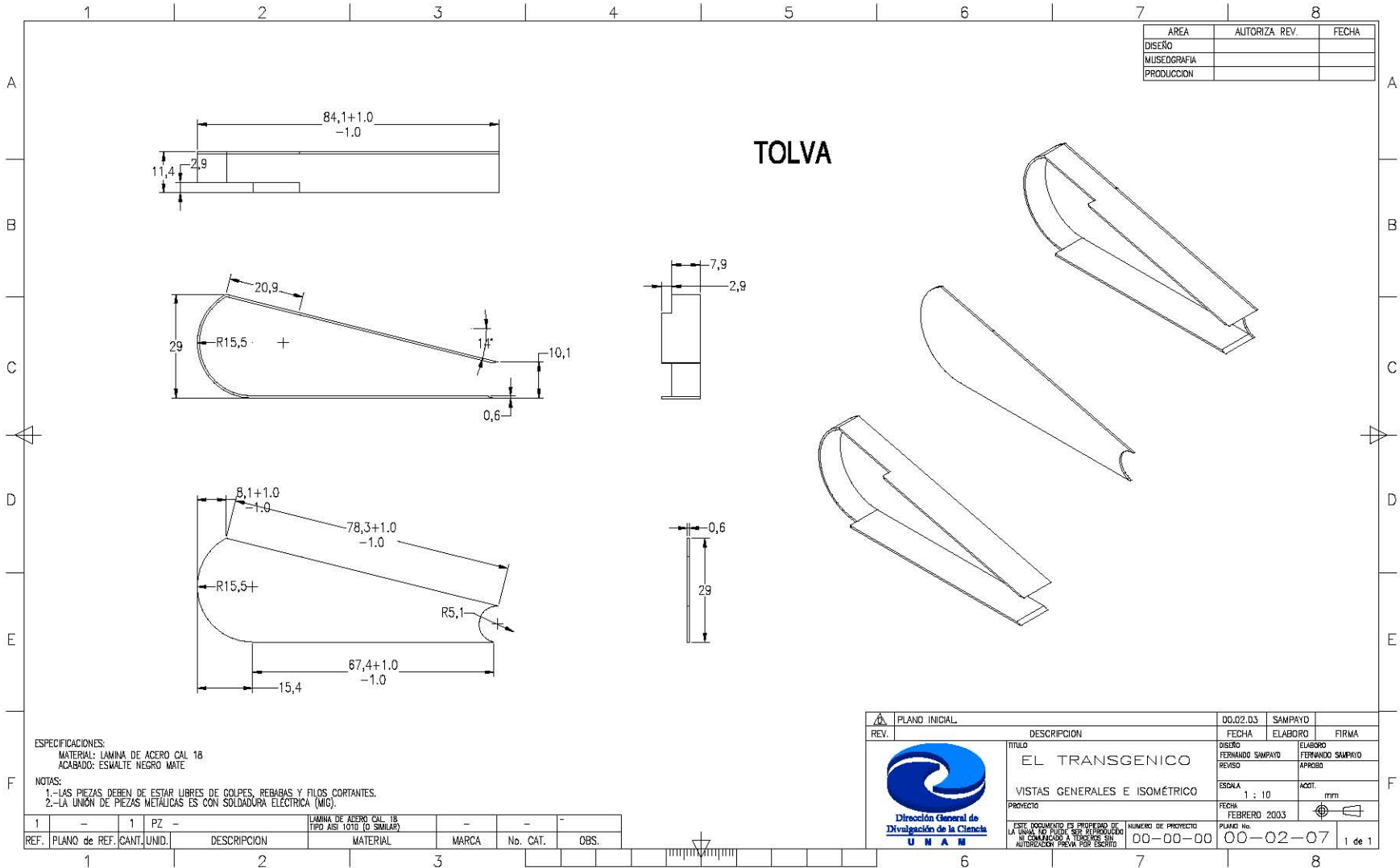
4								
3								
2		2	PZ	BASE PATA	TEPLAY DE PINO DE MADERA			
1		10	PZ	CUERPO DE LA PATA	TEPLAY DE PINO DE PRIMERA			
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	TITULO	FECHA	ELABORO	FIRMA
	<p>EL TRANSGENICO</p> <p>VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO	
		ESCALA	ACOT.	mm
	PROYECTO	FECHA		
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUcido NI CIRCULADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	00-00-01	00-02-08	1 de 1



AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

PLANO INICIAL	00.02.03	Hernández	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
	TITULO	DISEÑO	DIBUJO
	CRONOGRAMA DE LA LUZ	FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	REVISO	APROBO
		ESCALA	Acot. mm
		1:6	
PROYECTO	FECHA		
	FEBRERO 2003		
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUcido NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.	
	00-00-01	00-02-05	1 de 1



AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

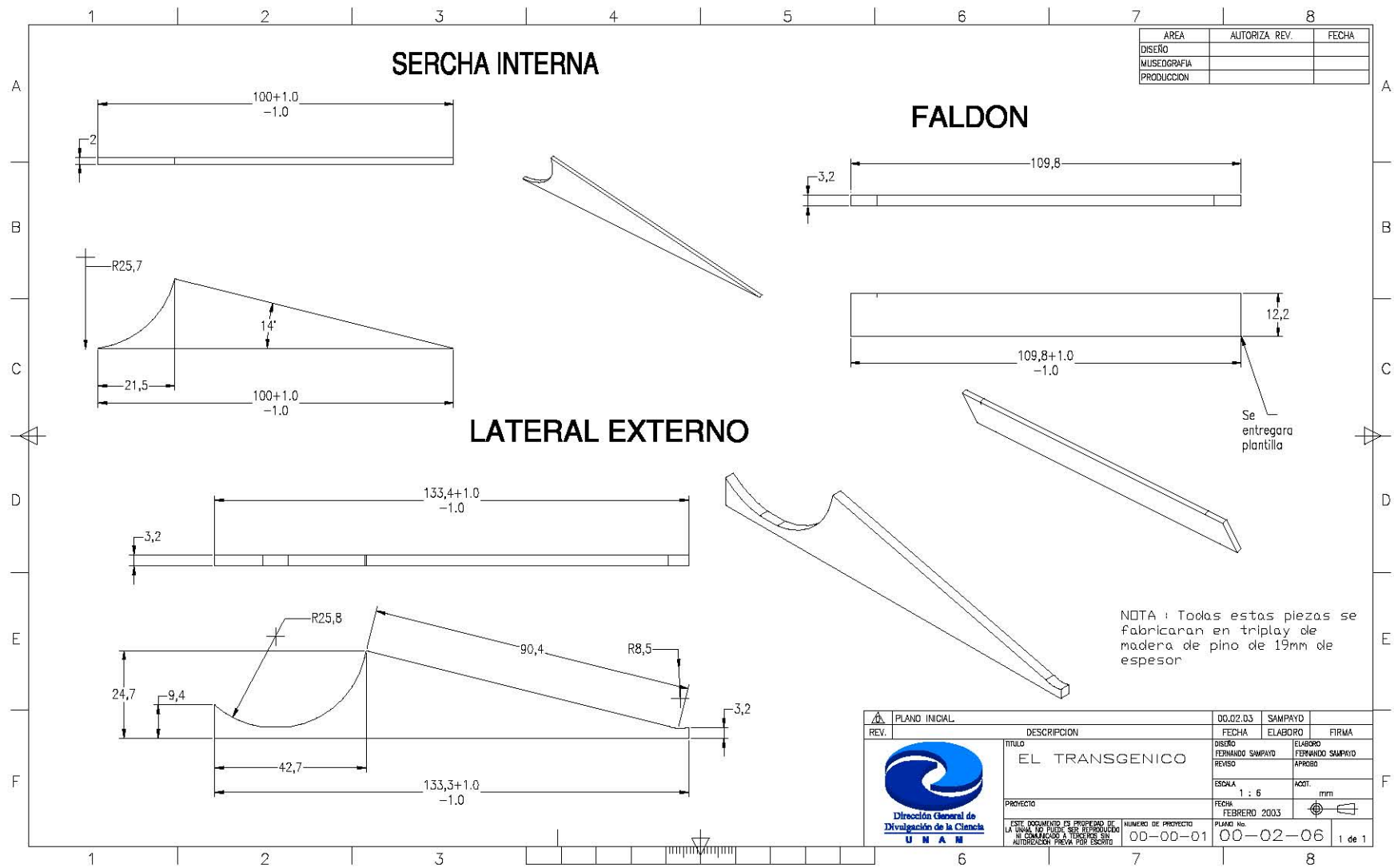
TOLVA

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: LAMINA DE ACERO CAL 18
 ACABADO: ESMALTE NEGRO MATE

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBARBAS Y FILOS CORTANTES.
 2.-LA UNION DE PIEZAS METALICAS ES CON SOLDADURA ELECTRICA (MIC).

REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.
1	-	1	PZ	-	LAMINA DE ACERO CAL 18 TIPO ASI 1010 (O SIMILAR)	-	-	-

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
TITULO		ESCALA	
EL TRANSGENICO		1 : 10	
DESCRIPCION		ACOT.	
VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO		mm	
PROYECTO		FECHA	
		FEBRERO 2003	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO		NUMERO DE PROYECTO	
		00-00-00	
		PLANO No.	
		00-02-07	
		1 de 1	



AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

SERCHA INTERNA

FALDON

LATERAL EXTERNO

NOTA : Todas estas piezas se fabricaran en triplay de madera de pino de 19mm de espesor

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO
		ELABORO	FIRMA
		REVISO	APROBO
		ESCALA	ACOT.
		FECHA	
		PLANO No.	
		NUMERO DE PROYECTO	



TÍTULO
EL TRANSGENICO

PROYECTO
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO

FECHA
FEBRERO 2003

ELABORO
FERNANDO SAMPAYO

FIRMA

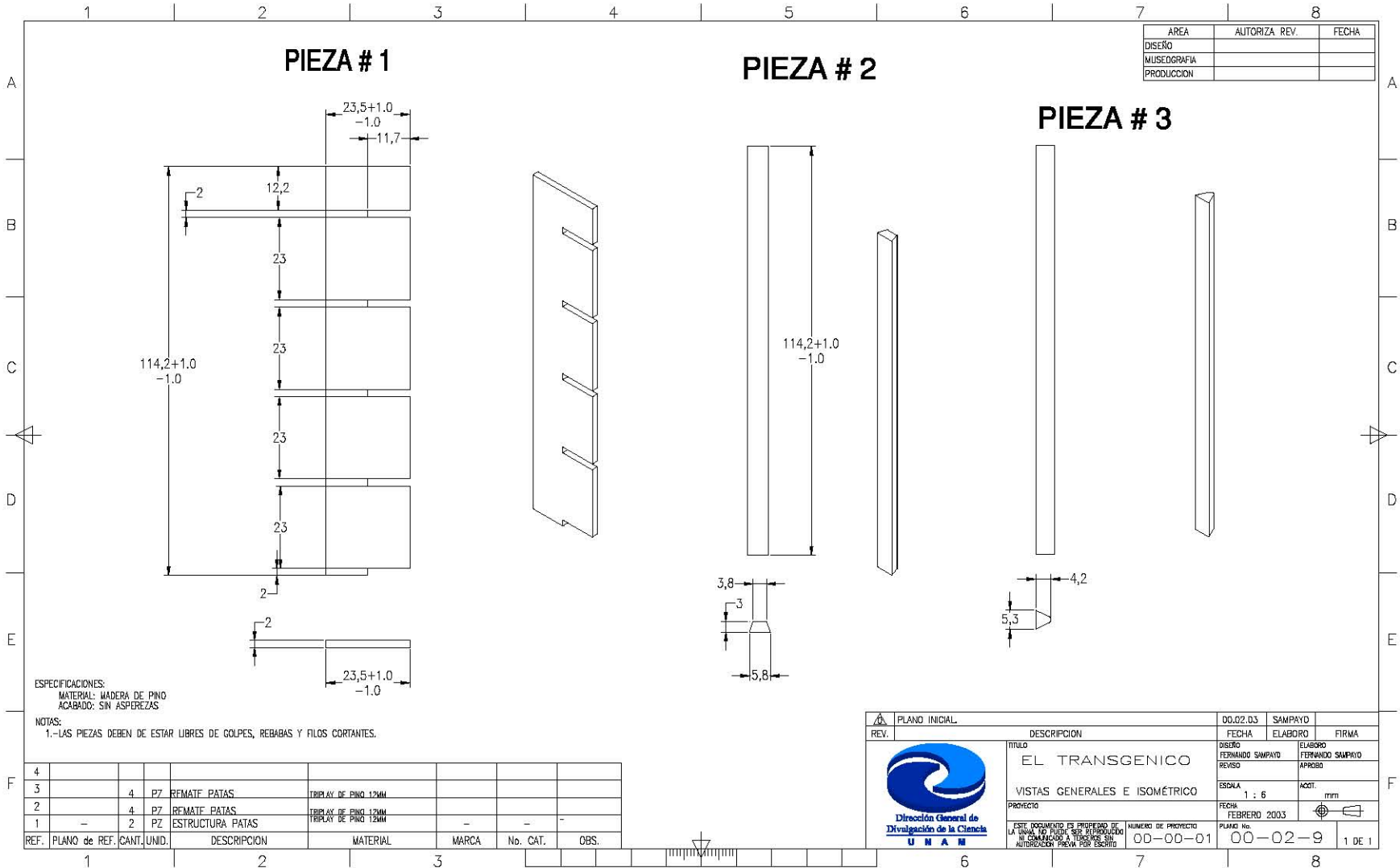
ACOT.
mm

ESCALA
1 : 6

NUMERO DE PROYECTO
00-00-01

PLANO No.
00-02-06

1 de 1



AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

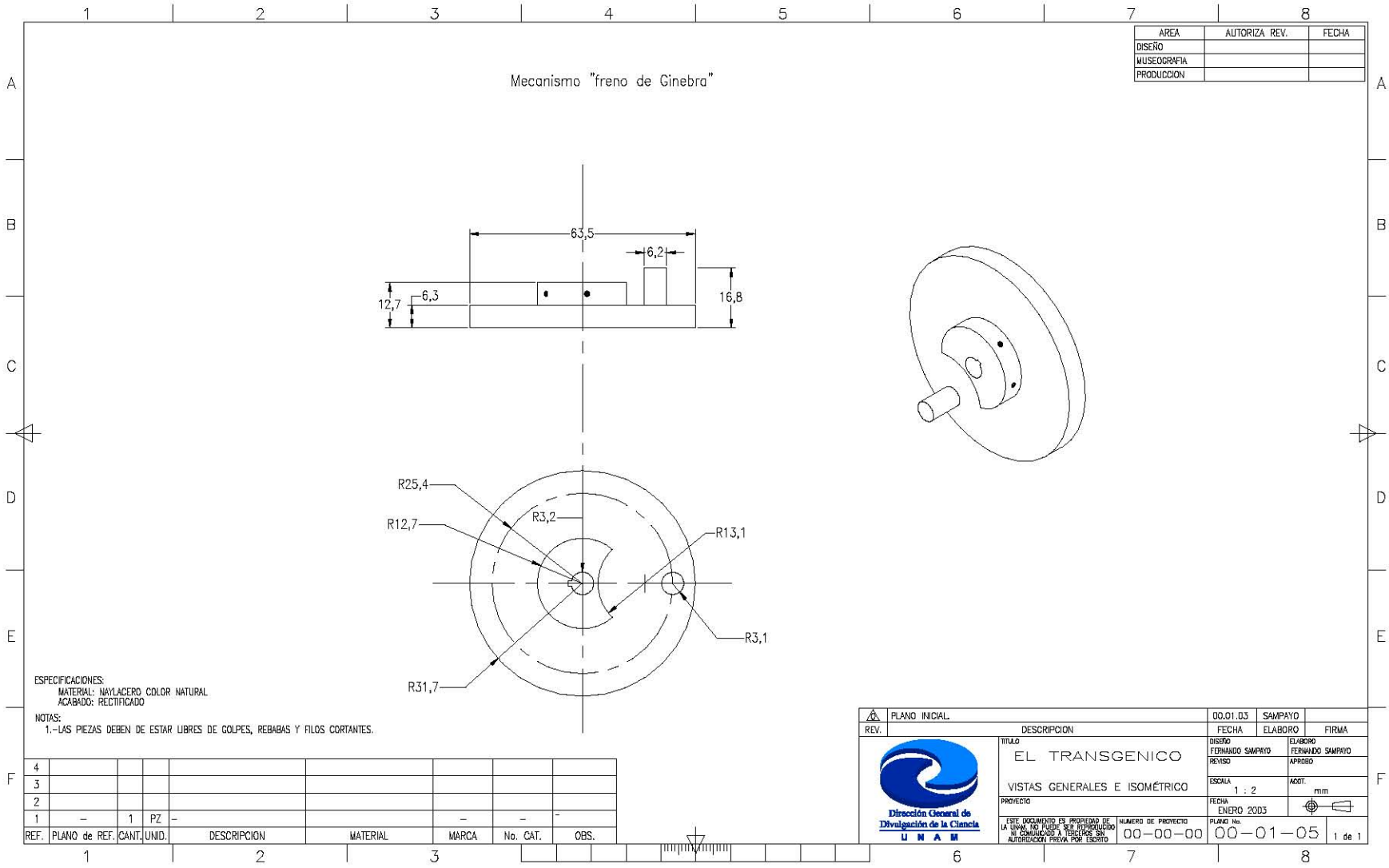
ESPECIFICACIONES:
MATERIAL: MADERA DE PINO
ACABADO: SIN ASPEREZAS

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4							
3							
2	4	PZ	REMATE PATAS	TRIPALY DE PINO 12x4			
1	2	PZ	ESTRUCTURA PATAS	TRIPALY DE PINO 12x4			
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.
	1						
	2						
	3						

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	ELABORO		FIRMA
	REVISO		APROBO
	ESCALA	1 : 6	ACOT. mm
	PROYECTO	FECHA	
		FEBRERO 2003	
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI CUALQUIERA TIPO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
		00-00-01	00-02-9
			1 DE 1





Mecanismo "freno de Ginebra"

AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: NAYLACERO COLOR NATURAL
 ACABADO: RECTIFICADO

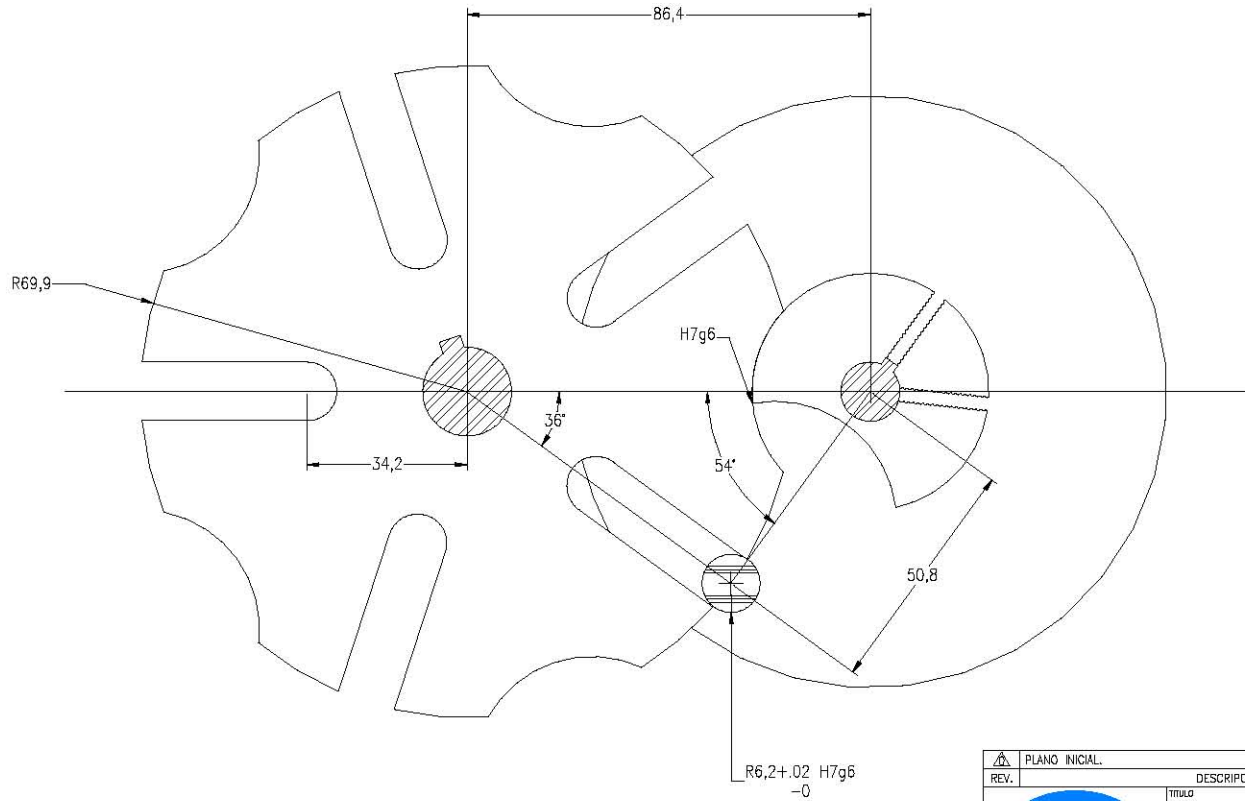
NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILOS CORTANTES.

4							
3							
2							
1	-	1	PZ	-	-	-	-
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.01.03	SAMPAYO	
REV.		FECHA	ELABORO	FIRMA
		TITULO	DISEÑO	ELABORO
		EL TRANSGENICO	FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO		ESCALA	REVISO	APROBO
		1 : 2		
PROYECTO		FECHA		
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO		NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.	
		00-00-00	00-01-05	1 de 1

DETALLE DEL ENSAMBLE DEL FRENO DE GINEBRA

AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

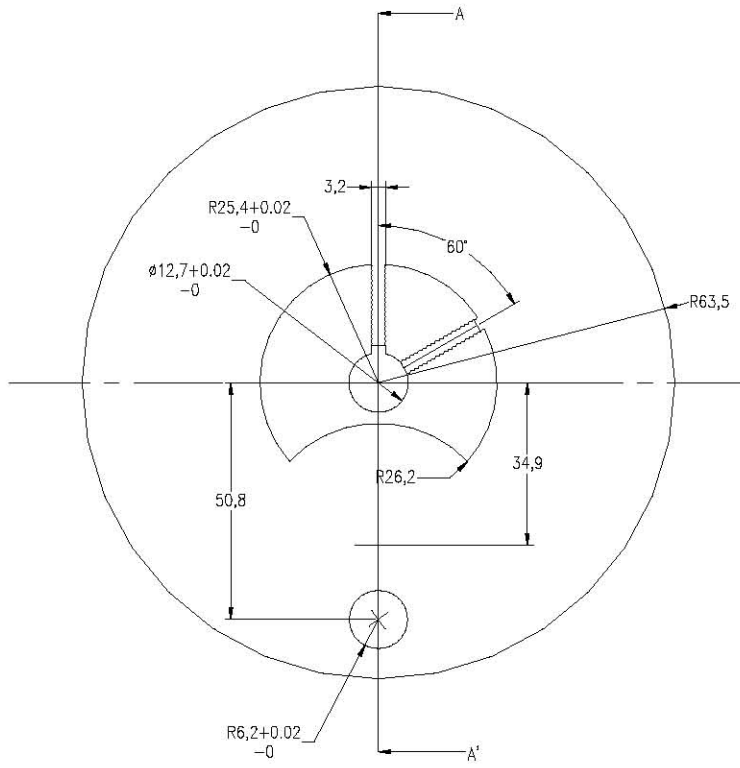


ESPECIFICACIONES:
MATERIAL: Noylamid
ACABADO:

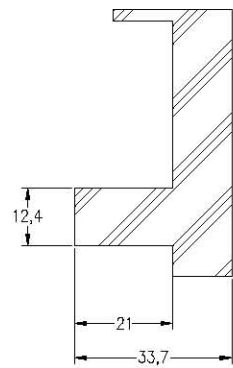
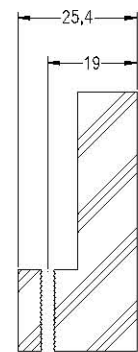
NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILOS CORTANTES.

PLANO INICIAL	00.05.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
		ESCALA	ACOT.
		1:1	mm
PROYECTO	TESIS FI-UNAM	FECHA	
		ENERO 2003	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN SU AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.	
	00-00-00	00-01-04	1 de 1





CORTE A - A'



AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEODRAFIA		
PRODUCCION		

CANTIDAD: 1 PIEZA

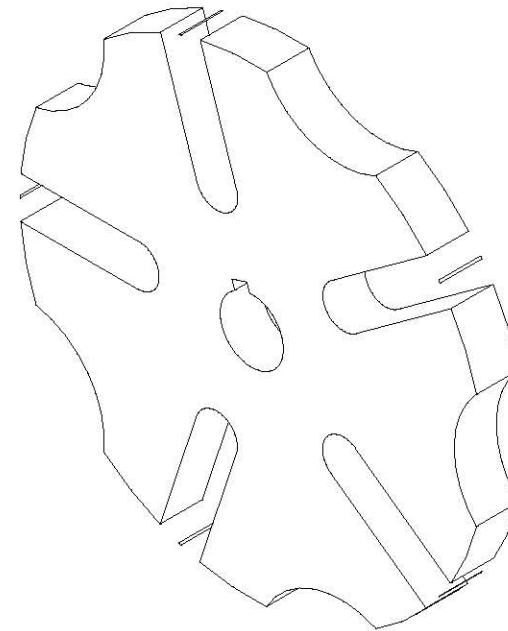
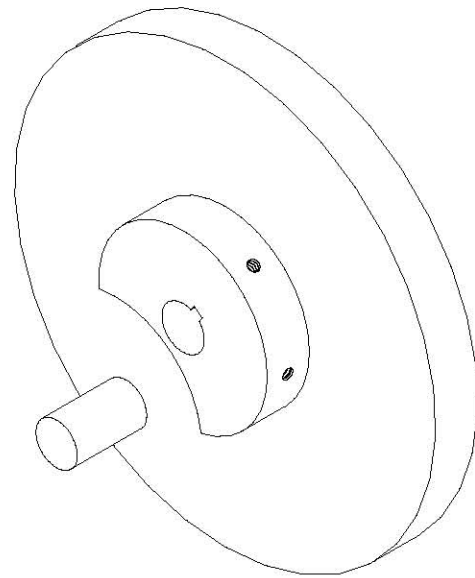
ESPECIFICACIONES:
MATERIAL: NYLAMID SL COLOR HUESO
ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBARBAS Y FILOS CORTANTES.

REV.	PLANO INICIAL.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO	FIRMA
		TITULO ORIGEN DE UN GEN	DISEÑO FERNANDE SAMPAYO	ELABORO FERNANDE SAMPAYO	
		VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	REVISO	APROBADO	
		PROYECTO	ESCALA 1:1	ADOT. mm	
		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMERCIALIZADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	FECHA ENERO 2003	PLANO No. 00-01-02	NÚMERO DE PROYECTO 00-00-00
					1 de 1



AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

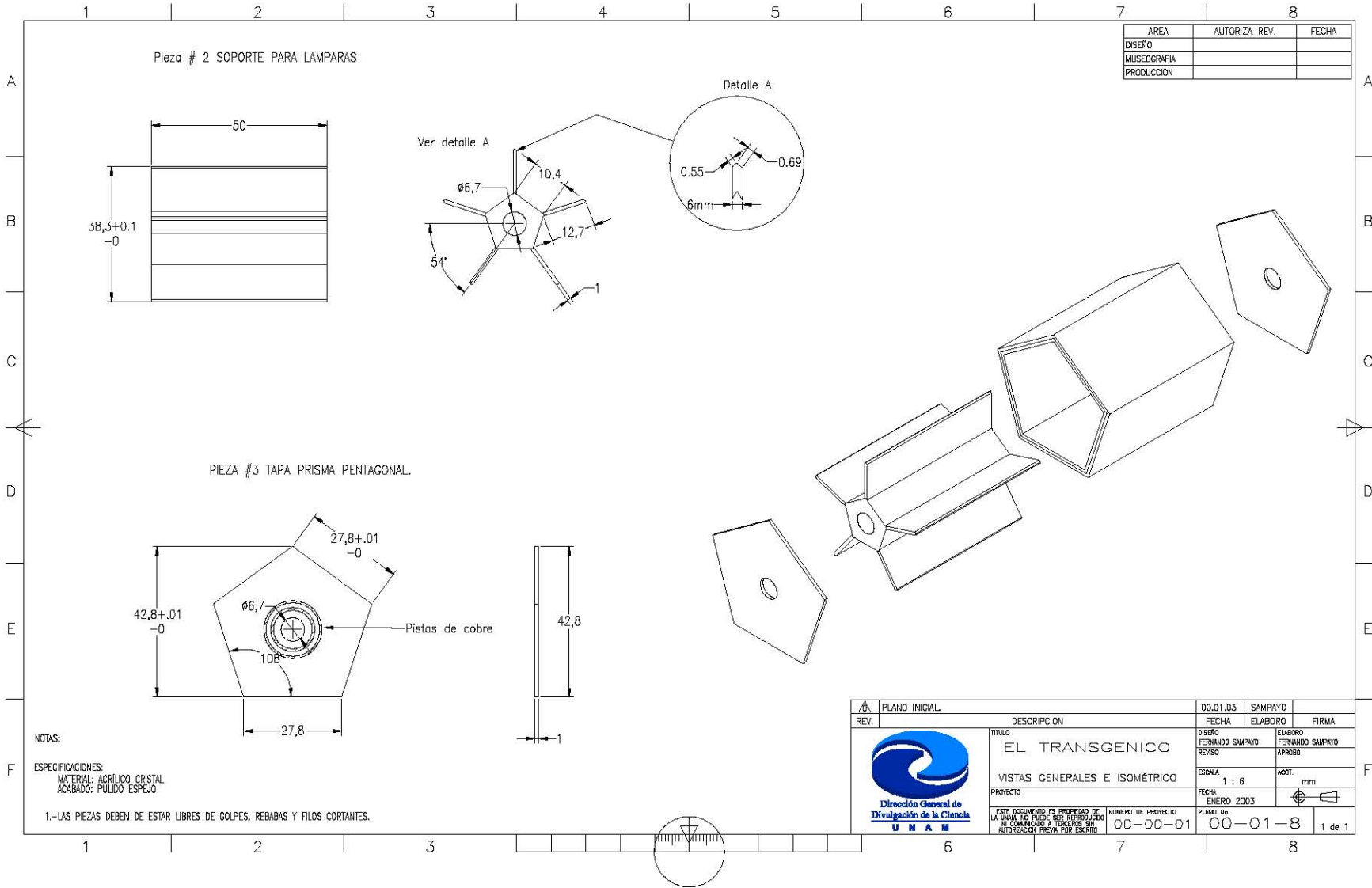


ESPECIFICACIONES:
MATERIAL: NAVLACERO COLOR NATURAL
ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILOS CORTANTES.

REF.	PLANO de	REF. CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.
4								
3								
2								
1								

	PLANO INICIAL.			
	REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	TITULO	DISEÑO	ELABORO	
	FRENO DE GINEBRA	Fernando Sempayo	Fernando Sempayo	
	SOMÉTRICO DEL FRENO DE GINEBRA	REVISO	APROBO	
	PROYECTO	ESCALA	ACOF.	mm
		1:1		
		FECHA		
		ENERO 2003		
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	NÚMERO DE PROYECTO	PLANO No.	1 de 1
		00-00-00	00-01-03	




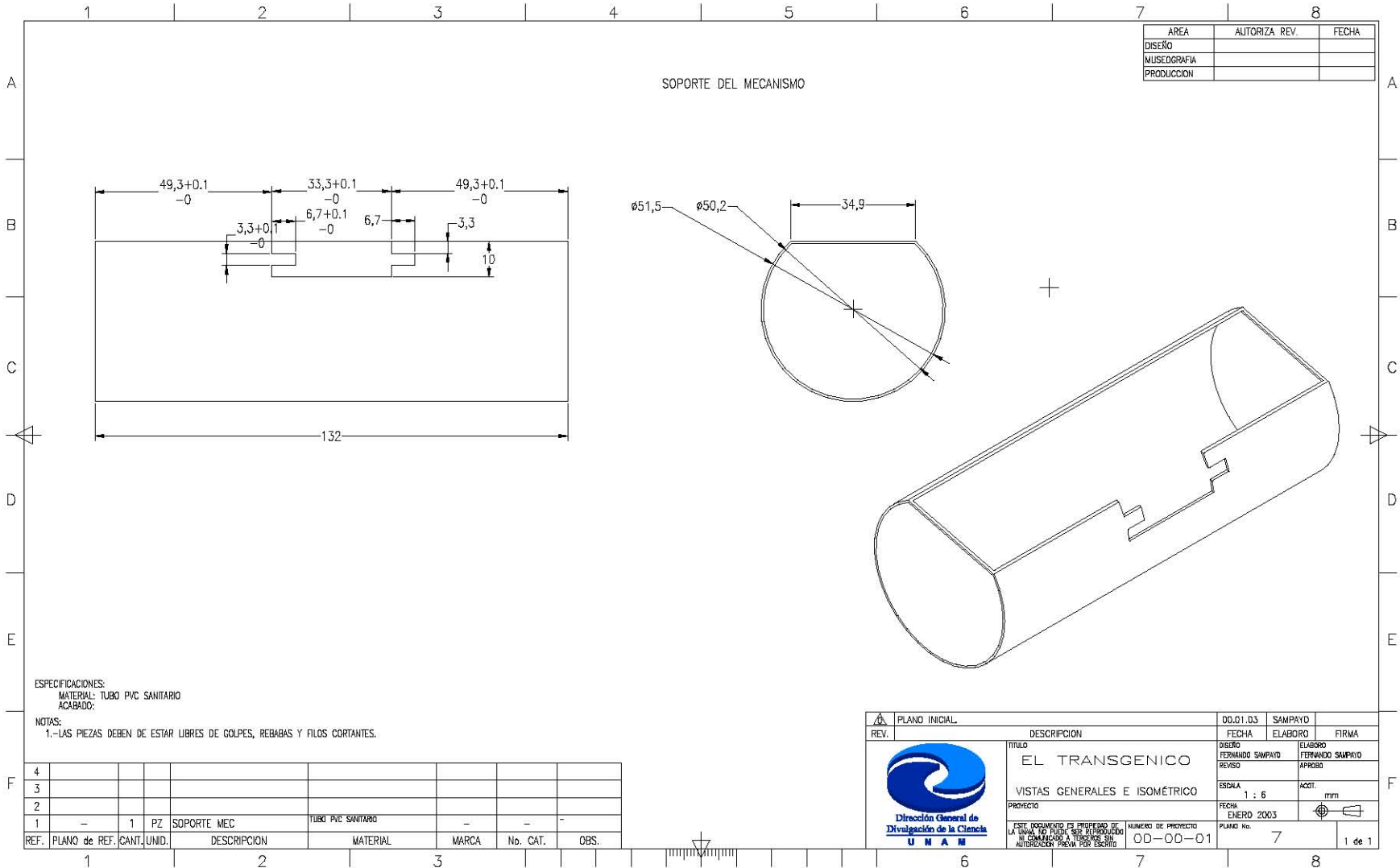
AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

NOTAS:

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACRILICO CRISTAL
 ACABADO: PULIDO ESPEJO

1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILOS CORTANTES.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.01.03	SAMPAYO	FECHA	ELABORO	FIRMA
REV.						
 DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA UNAM		TÍTULO		EL TRANSGENICO		
		DESCRIPCION		VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO		
PROYECTO		ESCALA		1 : 6		
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUcido NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO		NÚMERO DE PROYECTO		00-00-01		
		FECHA		ENERO 2003		
		PLANO No.		00-01-8		
				1 de 1		



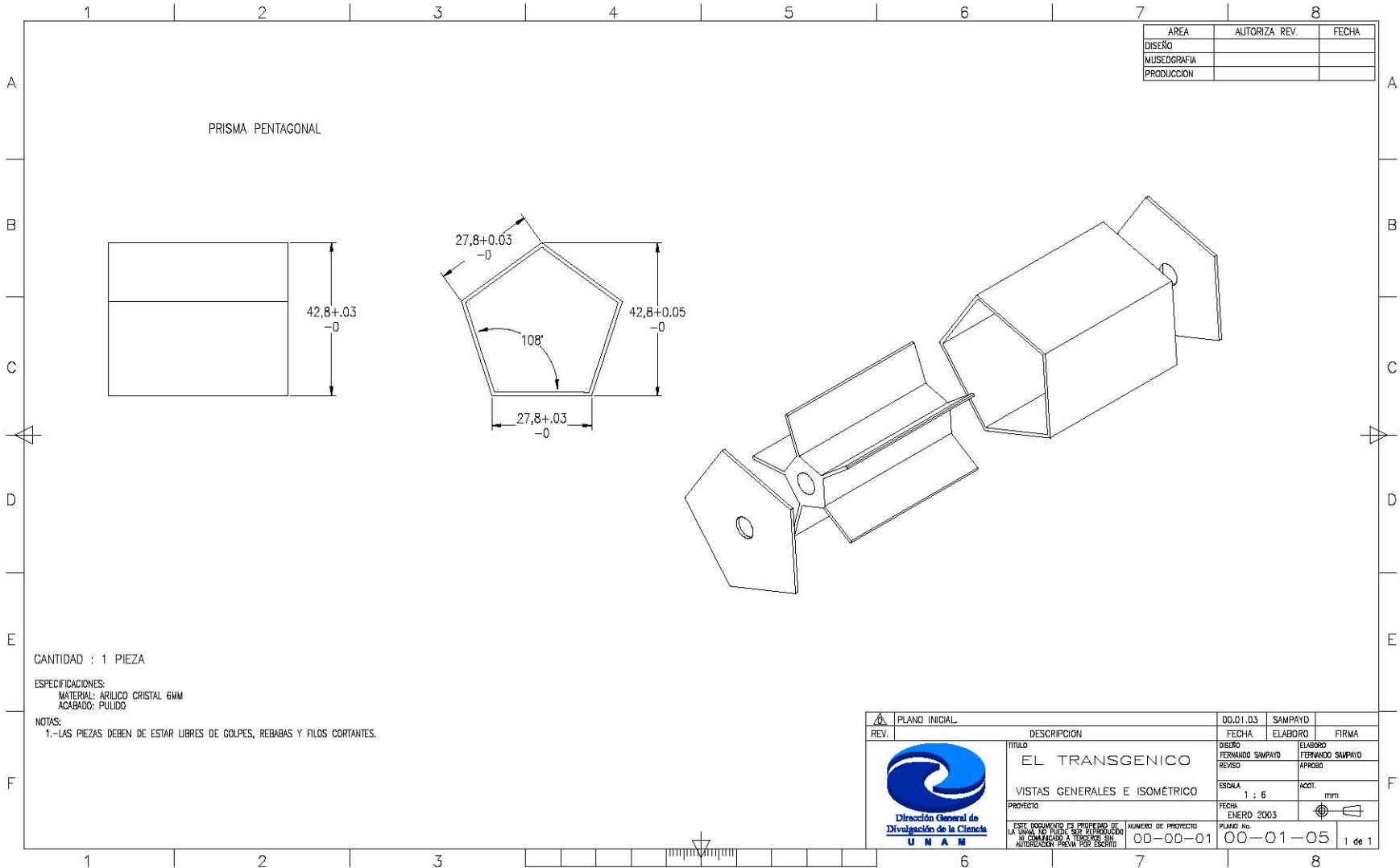
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: TUBO PVC SANITARIO
 ACABADO:

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	SOPORTE MEC	TUBO PVC SANITARIO	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.
1								

PLANO INICIAL	DD.01.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		ELABORO	FIRMA
		APROBO	
TITULO		ESCALA	
EL TRANSGENICO		1 : 6	
DESCRIPCION		ACOT.	
VISTAS GENERALES E ISOMETRICO		mm	
PROYECTO		FECHA	
		ENERO 2003	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO		NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
		00-00-01	7
			1 de 1



AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

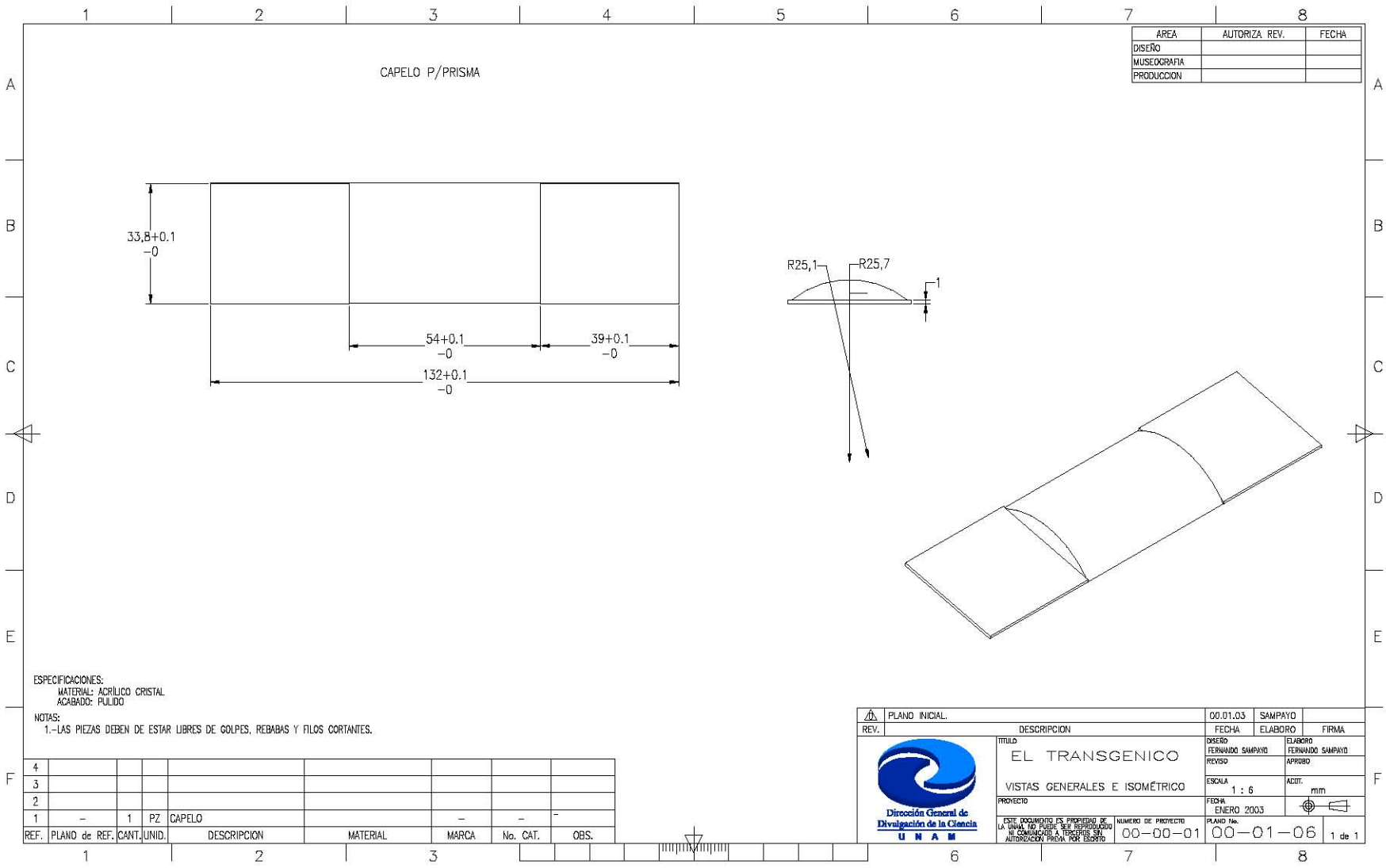
PRISMA PENTAGONAL

CANTIDAD : 1 PIEZA

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACRILICO CRISTAL 6MM
 ACABADO: PULIDO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBASAS Y FILAS CORTANTES.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.01.03	SAMPAYO	
REV.		FECHA	ELABORO	FIRMA
	 EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	DISEÑO	ELABORO	
		FECHA	APROBO	
		ESCALA	ACOT.	mm
		FECHA		
		ENERO 2003		
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.	
		00-00-01	00-01-05	1 de 1




AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACRILICO CRISTAL
 ACABADO: PULIDO

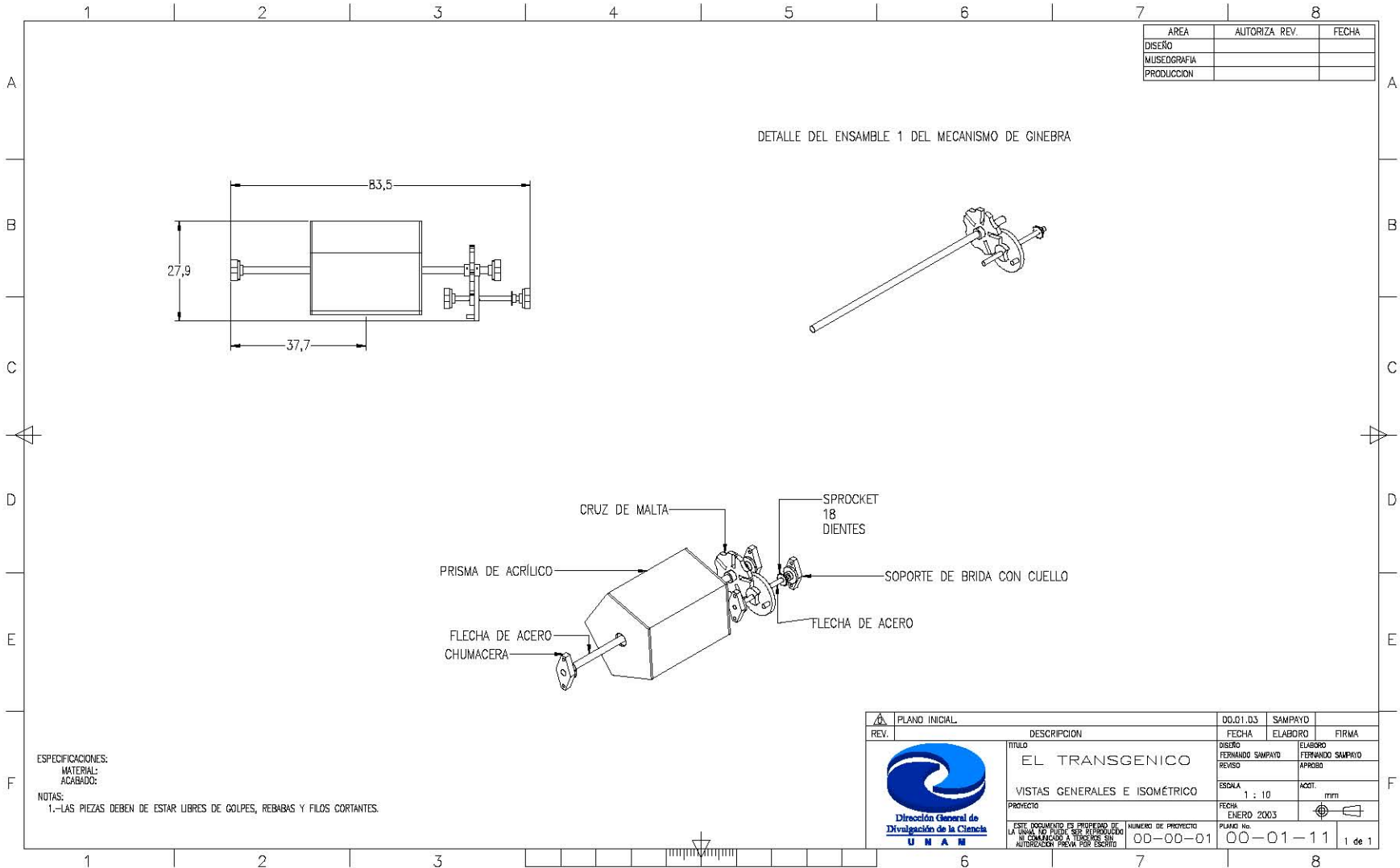
NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

REF.	PLANO de	REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No.	CAT.	OBS.
4										
3										
2										
1	-	1	PZ		CAPELO					

 Dirección General de Divulgación de la Ciencia UNAM	PLANO INICIAL. REV.	DESCRIPCION EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	00.01.03 SAMPAYO FECHA ELABORO FIRMA
	TITULO EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO REVISO APROBO	ESCALA 1 : 6 FECHA ENERO 2003

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.

NÚMERO DE PROYECTO: 00-00-01
 PLANO No.: 00-01-06

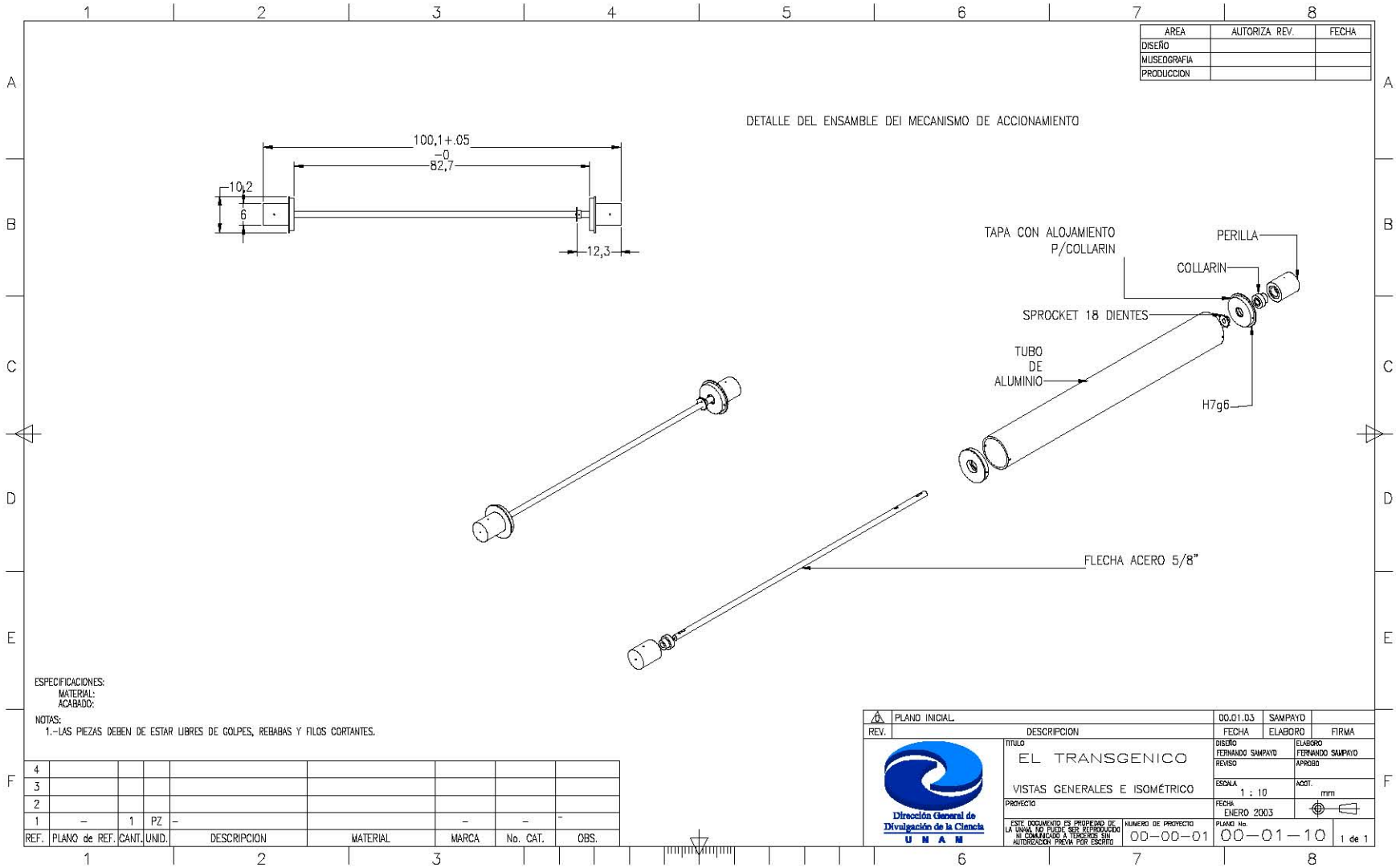


AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

DETALLE DEL ENSAMBLE 1 DEL MECANISMO DE GINEBRA

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL:
 ACABADO:
 NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBASAS Y FILAS CORTANTES.

PLANO INICIAL	00.01.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
	DISEÑO	ELABORO	FIRMA
	FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO	
	REVISO	APROBO	
	ESCALA	1 : 10	Acot. mm
	FECHA	ENERO 2003	
		PLANO No.	00-01-11
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.</small>		NUMERO DE PROYECTO	00-00-01
			1 de 1



AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

DETALLE DEL ENSAMBLE DEI MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

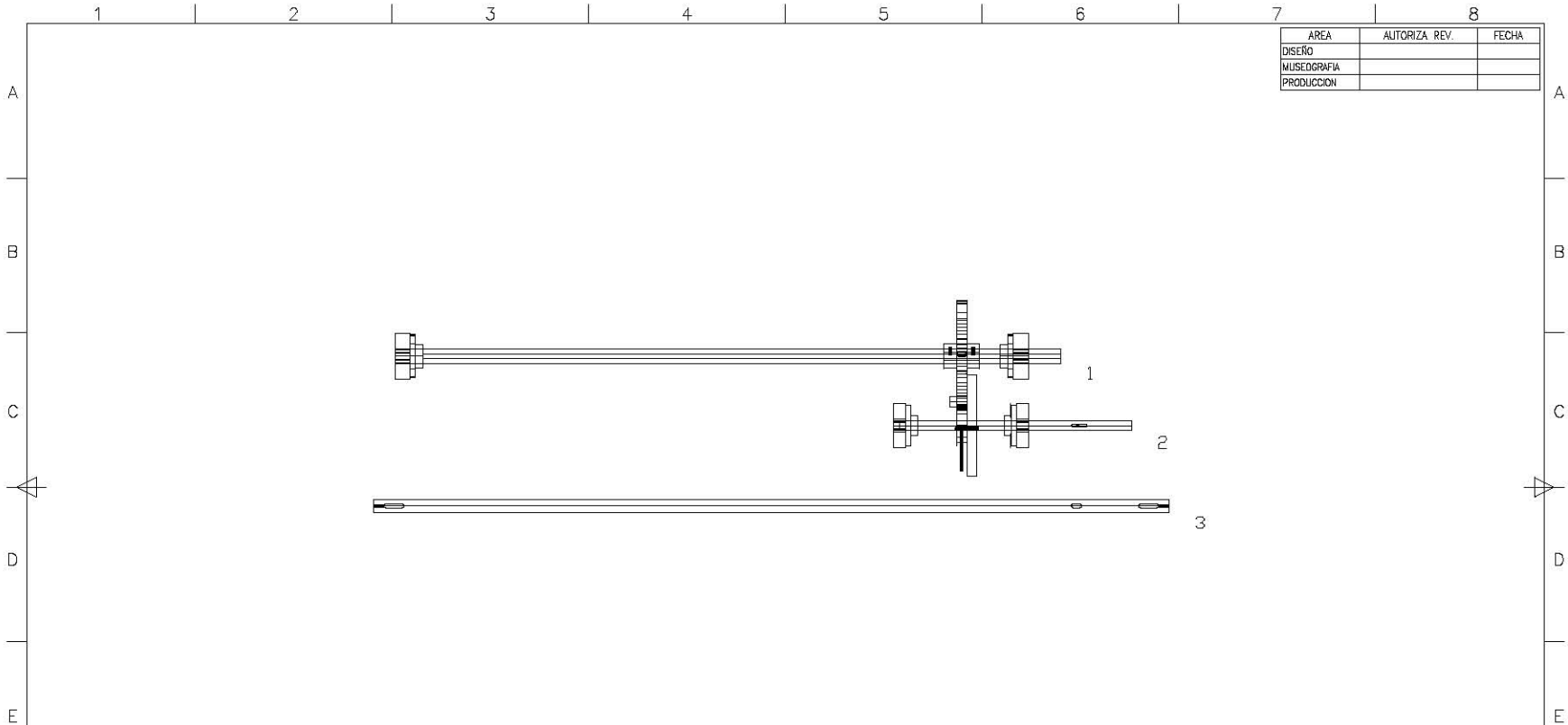
ESPECIFICACIONES:
MATERIAL:
ACABADO:

NOTAS:
1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.
1								
2								
3								

PLANO INICIAL	00.01.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
TITULO	DESCRIPCION		ESCALA
	EL TRANSGENICO		1 : 10
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO		Acot. mm
PROYECTO	FECHA	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
	ENERO 2003	00-00-01	00-01-10
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO			1 de 1






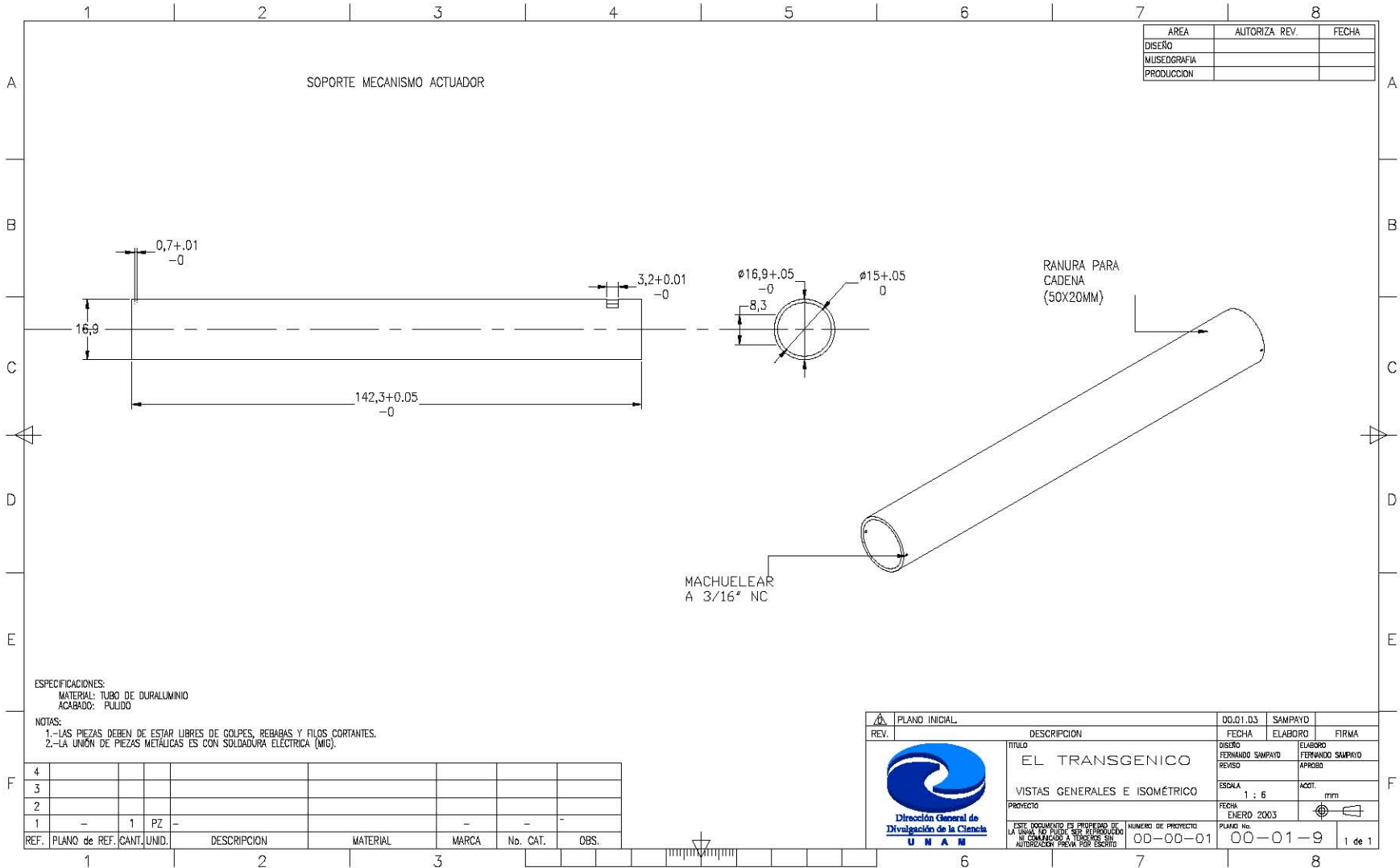
AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACERO COLD ROLLED 1045
 ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBAGAS Y FILAS CORTANTES.
 2.-LA UNIÓN DE PIEZAS METÁLICAS ES CON SOLDADURA ELÉCTRICA (MIG).

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.01.03	SAMPAYO
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
	DISEÑO	FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
	REVISO	APROBO	
	ESCALA	1 : 5	Acot. mm
PROYECTO	FECHA	ENERO 2003	
		NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO</small>		00-00-01	00-01-16
			1 de 1



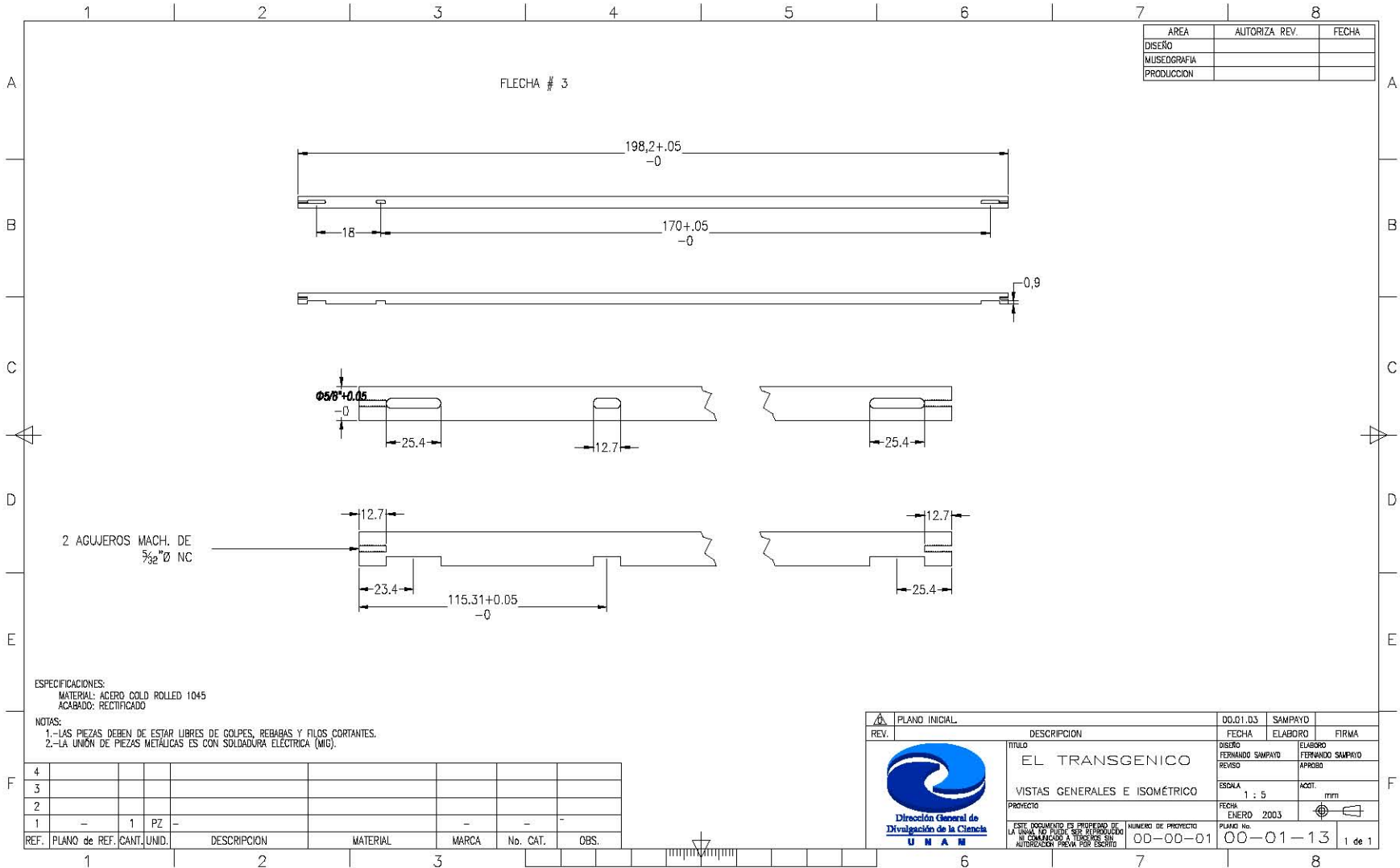
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: TUBO DE DURALUMINIO
 ACABADO: PULIDO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBAGAS Y FILAS CORTANTES.
 2.-LA UNIÓN DE PIEZAS METÁLICAS ES CON SOLDADURA ELÉCTRICA (MIG).

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	DD.01.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
	ESCALA	1 : 6	Acot. mm
	FECHA	ENERO 2003	
	PROYECTO		
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUCCION NI COMERCIALIZADO SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
		00-00-01	00-01-9
			1 de 1



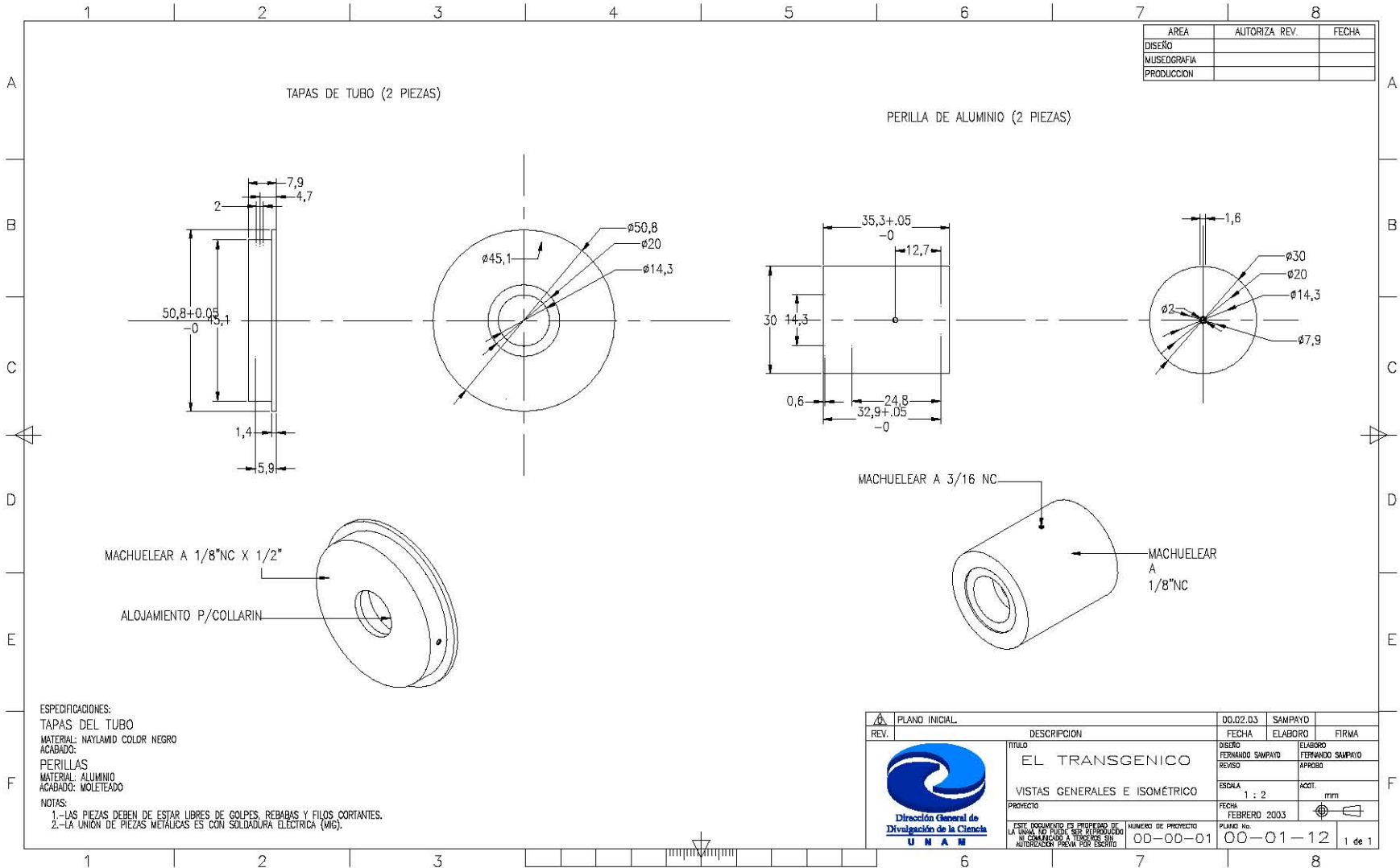
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACERO COLD ROLLED 1045
 ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBAGAS Y FILAS CORTANTES.
 2.-LA UNIÓN DE PIEZAS METÁLICAS ES CON SOLDADURA ELÉCTRICA (MIG).

4								
3								
2								
1	-	1	PZ	-	-	-	-	
REF.	PLANO de REF.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	MATERIAL	MARCA	No. CAT.	OBS.

PLANO INICIAL	DESCRIPCION	00.01.03	SAMPAYO	
REV.		FECHA	ELABORO	FIRMA
	 EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	DISEÑO	FERNANDO SAMPAYO	ELABORO
		REVISO	APROBO	FIRMA
		ESCALA	1 : 5	Acot.
	PROYECTO	FECHA	ENERO 2003	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUcido NI CANTIDAD A TENERSE SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO		NUMERO DE PROYECTO	00-00-01	PLANO No.
			00-01-13	1 de 1



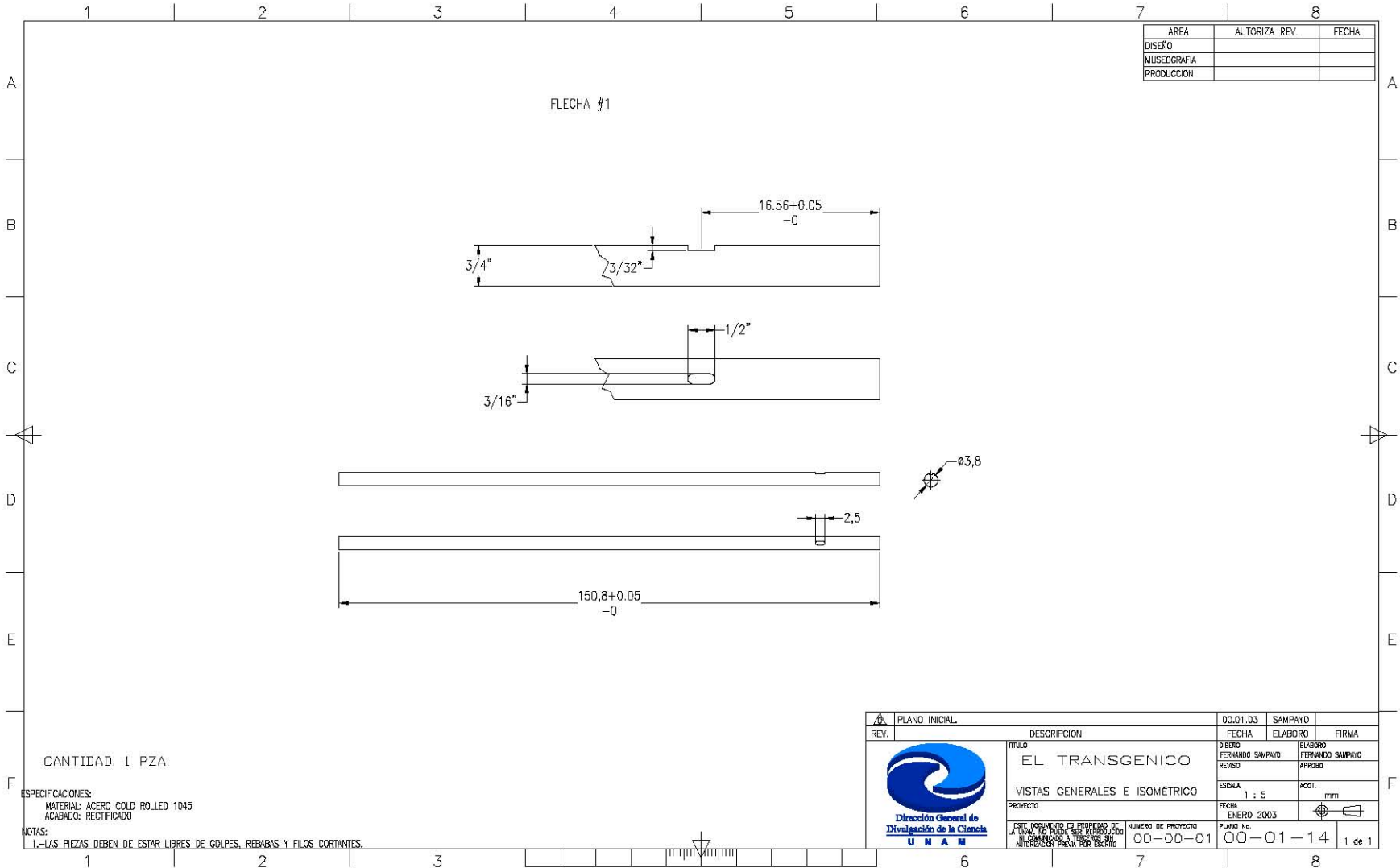
AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

ESPECIFICACIONES:
 TAPAS DEL TUBO
 MATERIAL: NAYLAMID COLOR NEGRO
 ACABADO:

PERILLAS
 MATERIAL: ALUMINIO
 ACABADO: MOLETEADO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBABAS Y FILAS CORTANTES.
 2.-LA UNIÓN DE PIEZAS METÁLICAS ES CON SOLDADURA ELÉCTRICA (MG).

PLANO INICIAL	00.02.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 <p>EL TRANSGENICO</p> <p>VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO</p>	DISEÑO	ELABORO
		FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
	PROYECTO	ESCALA	ACOT.
		1 : 2	mm
		FECHA	
		FEBRERO 2003	
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM NO PUEDE SER REPRODUcido NI CIRCULADO A TERCEROS SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO	NUMERO DE PROYECTO	PLANO No.
		00-00-01	00-01-12
			1 de 1




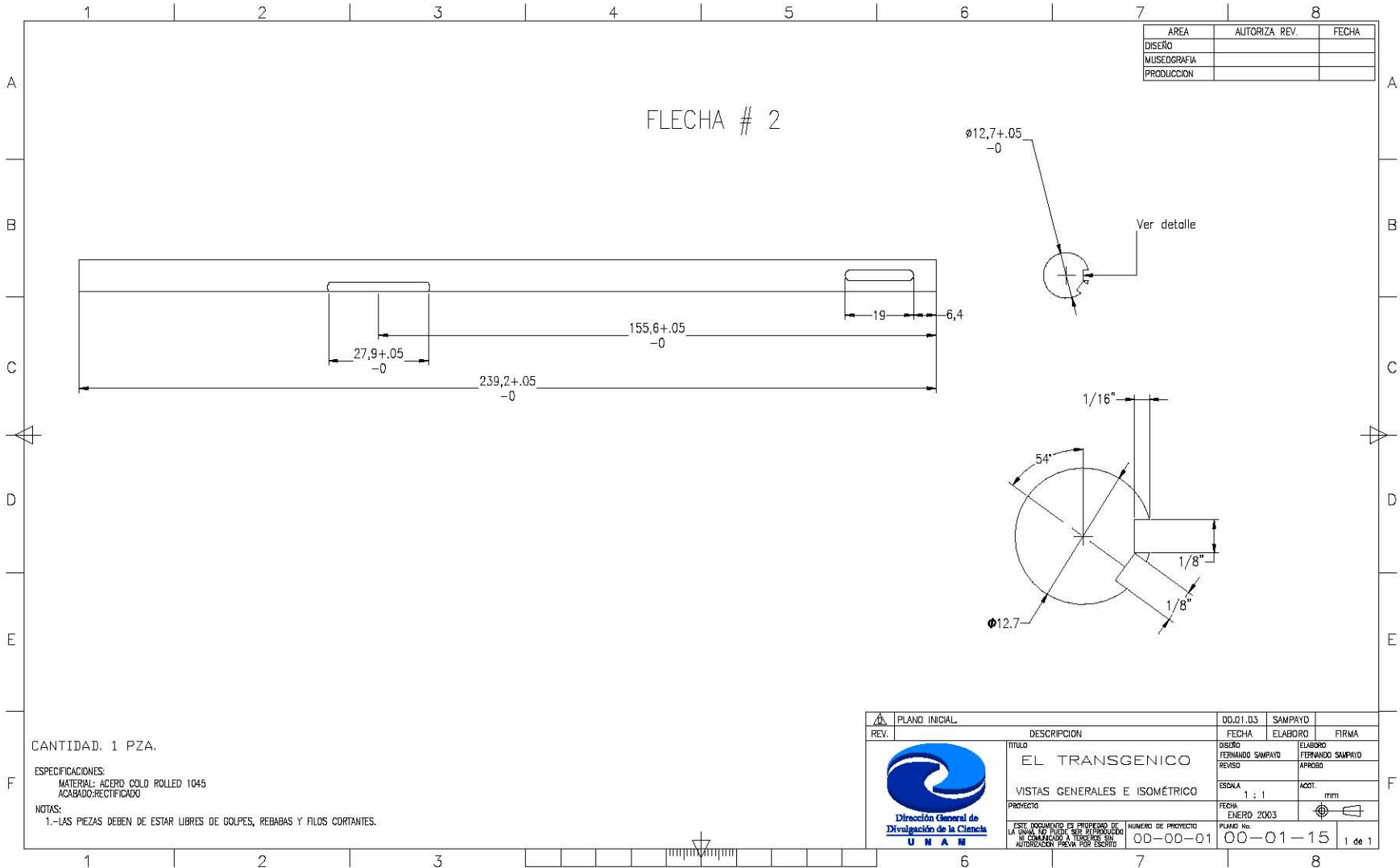
AREA	AUTORIZA	REV.	FECHA
DISEÑO			
MUSEOGRAFIA			
PRODUCCION			

CANTIDAD: 1 PZA.

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACERO COLD ROLLED 1045
 ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBARBAS Y FILOS CORTANTES.

PLANO INICIAL	DD.01.03	SAMPAYO	
REV.	FECHA	ELABORO	FIRMA
 Dirección General de Divulgación de la Ciencia UNAM	TITULO	ELABORO	FIRMA
	DESCRIPCION	FERNANDO SAMPAYO	FERNANDO SAMPAYO
	VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	APROBO	APROBO
PROYECTO	ESCALA	FECHA	PLANO No.
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI CANTIDAD. A TENERSE SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	1 : 5	ENERO 2003	00-01-14
NUMERO DE PROYECTO	00-00-01		1 de 1




AREA	AUTORIZA REV.	FECHA
DISEÑO		
MUSEOGRAFIA		
PRODUCCION		

CANTIDAD: 1 PZA.

ESPECIFICACIONES:
 MATERIAL: ACERO COLD ROLLED 1045
 ACABADO: RECTIFICADO

NOTAS:
 1.-LAS PIEZAS DEBEN DE ESTAR LIBRES DE GOLPES, REBAGAS Y FILOS CORTANTES.

PLANO INICIAL	00.01.03	SAMPAYO	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO FIRMA
	 EL TRANSGENICO VISTAS GENERALES E ISOMÉTRICO	DISEÑO FERNANDO SAMPAYO	ELABORO FERNANDO SAMPAYO
		REVISO	APROBO
	PROYECTO	ESCALA 1 : 1	ACOT. mm
	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNAM. NO PUEDE SER REPRODUCCION NI CIRCULACION. TENERSE SIN AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO.	FECHA ENERO 2003	PLANO No. 00-01-15
	NUMERO DE PROYECTO 00-00-01		1 de 1

Bibliografía.

- Ashby M. F. *Materials selection in Mechanical Design* (1999), 2nd edition, Oxford UK.
- Becerra Jennice, J. Flores y E. Reynosa, *Así nació Universum*, México, 1995.
- Beyer Ruiz Maria Emilia, *Ciencia y cultura: el museo como vehículo de divulgación científica*, en *bien común y Gobierno*, año 5, num. 53, 31-34, México, 1999.
- Beyer Ruiz Maria Emilia. *El museo como foro de encuentros entre ciencia y cultura*, Primer coloquio interno de la Dirección de Divulgación de la ciencia, UNAM, 2000.
- Cross Nigel, *Métodos de diseño*, Limusa Wiley, México 2003
- Dean, David, *Museum Exhibition: Theory and practice*; Routledge, Great Britain, 1998.
- Dieter, E. George, *Engineering design*, Edit. McGraw-Hill, 1999
- Flores Valdés Jorge (Compilador), *Cómo hacer un museo de ciencias*, UNAM/Fondo de cultura económica, ediciones científicas universitarias, 1998
- García, F. V, *Procesos psicológicos y museos de ciencias: interacción y construcción de conocimiento*, Tesis de Licenciatura en Psicología, UNAM, 1998.
- Guillet, G. L, Tr. X. Rivera, *Cinemática de las Maquinas*, CECSA, pp. 305 – 307 México, 1887.
- Hooper-Greenhill, E, *Museums and their visitors*, ed. Routledge, London, 1994.
- Kart T. Ulrich, Eppinger D. Steven, *Product Design and developmen*, cap. 11, Irwin McGraw-Hil, 2001.
- Levine J., D. T. Suzuki (2000) El secreto de la vida. Dirección general de Divulgación de la ciencia UNAM Serie: letras de ciencia #3, Capitulo 6, paginas 219-222, 2000.
- Mercado S. J. L. *Ergonomía y diseño de productos: Boletín de factores humanos*, No. 2, 1993.
- Nigel Cross. *Engineering Design Methods: Strategies for product design*. John Wiley & Sons, Ltd. 1994. USA
- Oppenheimer F, *A Rationale for Science Museums*; curator 11(3). pp. 206-210, 1968.
- Panero J., M. Zelnik, *Las dimensiones Humanas en los interiores: estándares antropométricos*, pp. 290-292 GG/México, México, 1998.
- Sánchez M C; J. Tagüeña, *Ciencia y Cultura: Exhibir y diseñar, ¿para quien? La visión del público en los museos de ciencias* No. 52, Volumen 10, 29 – 35, Diciembre-Febrero 2003-2004.
- Sánchez Mora C., *Gaceta de Museos*, Número 21- 22, 2001.

Shigley J. E, J. J. Uicker. Teoría de Maquinas y Mecanismos, Mc Grawhill pp. 374- 378 México, 1983.

Ullman, David, The mechanical Desig process, Mc. Graw Hill, 1998

Williams, M. the values of interactives; ECSITE. Newsletter, p.4, 1991.