



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
DE LA EJECUCIÓN DE DOS PROYECTOS  
BAJO EL PROCESO DE DISEÑO ME310**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERA**

INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO MECÁNICO

P R E S E N T A :

**ING. CLAUDIO HANSBERG PASTOR**



TUTOR:  
**DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH**

2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. LÓPEZ PARRA MARCELO  
Secretario: DR. BORJA RAMÍREZ VICENTE  
Vocal: DR. RAMÍREZ REIVICH ALEJANDRO CUAUHTÉMOC  
1<sup>er</sup>. Suplente: DR. GONZÁLEZ GONZÁLEZ LEOPOLDO ADRIÁN  
2<sup>do</sup>. Suplente: DR. ESPINOZA BAUTISTA ADRIAN

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**TUTOR DE TESIS:**

DR. RAMÍREZ REIVICH ALEJANDRO CUAUHTÉMOC

---

**FIRMA**

A Yosh, con cariño, por haber permanecido a mi lado.  
A Alejandro, quien me ilustró tanto y me apoyó como amigo y tutor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la UNAM, al posgrado de Ingeniería y al Centro de Investigaciones en Diseño Industrial por brindarme la oportunidad de participar activamente en dos proyectos globales, apoyarme en todos los aspectos y permitirme realizar los estudios de maestría bajo una experiencia extraordinaria.

A las corporaciones Mabe y Lockheed Martin y sus respectivos liaisons Rosalba Cobos, Claudia Alonso, Eric A. Byler, Julie S. Pecson, Tom Lem y Kris Forrest, por confiar en ambos equipos, conseguir el apoyo de la empresa y tener paciencia y oídos atentos ante nuestras inquietudes e ideas.

A Vicente Borja, Luís Equihua, Alejandro C. Ramírez Reivich y Arturo Treviño, por apoyarme en todo momento, por abrirme las puertas al mundo del diseño y compartirme su visión particular de la vida, de la innovación de productos enfocados al usuario y la construcción de prototipos rápidos prácticos.

A mis compañeros de ambos equipos, Alejandra, Isaac, Jessica, Luis, Rafael, Travis, Víctor y Xiao, principalmente por aguantarme y por compartir aquellas experiencias que sólo se dan en proyectos bajo tanta intensidad y que nos hicieron experimentar la realidad del diseño.

A Bernardo, Rolando y Víctor, quienes siempre estuvieron cerca y apoyaron de alguna u otra forma con sus conocimientos, experiencias y cariño.

A mis padres y hermanas, a quienes quiero con todo el corazón y me han apoyado muchísimo durante tantos años.

A mi queridísima Yosh, a quien no sé cómo agradecerle todo lo que ha hecho por mi y a sus hermanas, por apoyarla a ella cuando yo no pude hacerlo.

A mis queridos amigos Adan, Daniel, Luis y Marco, quienes han sabido apoyarme en todo momento y bajo cualquier circunstancia.

Al Lic. Alferdo Govea, quien fue un elemento clave para el desarrollo del proyecto “la estufa del futuro” y quien siempre nos apoyo incondicionalmente cuando lo requerimos.

Y por último, a Mark Cutkosky, Larry Leifer, George Toye, profesores, a Santhi Elayaperumal y Adrit Lath, asistentes de profesor, y a todo el Staff participante de la universidad de Stanford, por hacer del ME310 una experiencia inolvidable.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL ME310</b>	<b>5</b>
Antecedentes	5
Ejemplos de métodos convencionales	6
Ejemplos de métodos intuitivos	7
El curso ME310 y su proceso de diseño	8
<b>DESARROLLO</b>	<b>13</b>
Trabajo 1: Focaris; mesa interactiva para cocinar	15
Trabajo 2: Open space; Satellite Manufacturing Inside Out	127

<b>ANÁLISIS</b>	<b>261</b>
Los proyectos	261
Descripción breve de las empresas Lockheed Martin y Mabe	269
Equipos distintos	272
Países distintos	279
Recursos económicos	283
Beneficios al participar en los proyectos globales	285
<b>RESULTADOS</b>	<b>287</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>291</b>
<b>LOGROS Y COMENTARIOS</b>	<b>293</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>295</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>297</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo se presentan los resultados que se obtuvieron durante la ejecución de dos proyectos de diseño para crear productos innovadores, realizados en el periodo 2009-2011. Así mismo, se expone al final del mismo un breve análisis donde se comparan las diferencias que existieron durante su ejecución, tomando en cuenta los distintos enfoques y comportamientos de los participantes en situaciones similares, con objeto de entender las fallas y los aciertos que se dieron. Además, se dan a conocer los comentarios de profesores y alumnos con relación al interés que representa realizar este tipo de proyectos para ellos, la UNAM y las empresas participantes. El primer proyecto consiste en el desarrollo de una estufa del futuro para la corporación Mabe, al que se le conoce con el nombre “focaris: mesa interactiva para cocinar” y el segundo es el de una estructura para satélite de comunicación para la corporación Lockheed Martin, al que se le dio el nombre “Open space; Satellite Manufacturing Inside Out”. Ambos proyectos son colaboraciones multidisciplinarias en las que participan alumnos del posgrado de ingeniería,

del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) y en el segundo también alumnos de la Universidad de Stanford.

### **Objetivo general**

- Presentar los resultados obtenidos al desarrollar dos proyectos diferentes de innovación de productos al utilizar el proceso de diseño del ME310.

### **Objetivos secundarios**

- Mostrar las peculiaridades y diferencias que existen al desarrollar dos proyectos distintos utilizando el mismo proceso de diseño.
- Exponer las diferencias que existen al desarrollar dos proyectos tomando en cuenta aspectos relacionados con las empresas, los equipos de trabajo, las nacionalidades y los recursos económicos.
- Mostrar los beneficios que obtiene la UNAM, los alumnos, los profesores y las empresas participantes con estos proyectos.

La tesis está conformada por una breve introducción, en donde se dan a conocer los objetivos y una descripción de cómo está constituido el trabajo; un apartado donde se describe brevemente del proceso de diseño empleado; uno donde se exponen los desarrollos de la ejecución de ambos proyectos, en los cuales se muestran cierta información que las empresas decidieron no revelar públicamente, por lo que están restringidos al público en general para mantener los acuerdos de confidencialidad; otro en donde se exponen las diferencias de los proyectos mediante un análisis comparativo; y finalmente; aquellos dedicados a los resultados, conclusiones, bibliografía y apéndice.

**Breve descripción del proceso del ME310.** En este apartado se presentan algunos antecedentes de diseño, mostrando ejemplos de los métodos convencionales e intuitivos más comunes, que permiten entender el proceso de diseño utilizado. Se describe el proceso del curso ME310 de la Universidad de

Stanford, utilizado en los proyectos, así como la relación que guarda con el curso de innovación de productos de la UNAM y se dan a conocer algunas características del proceso de innovación.

**Desarrollo.** En este apartado se exponen ambos proyectos cada uno con su propia estructura y formato, por lo que la numeración es independiente y no coincide con la de este trabajo de tesis, como se verá más adelante.

**Análisis.** En este apartado se dan a conocer las características de los proyectos y los enfoques de los participantes que permiten entender las diferencias y similitudes de los primeros. Se exponen observaciones relacionadas con los proyectos, las empresas participantes, los equipos, el comportamiento según las nacionalidades y el manejo de recursos económicos. Finalmente se muestran los beneficios que se obtienen para la UNAM, los alumnos, los profesores y las empresas participantes.

**Resultados.** Cada proyecto obtuvo resultados significativos, no sólo para las corporaciones participantes, sino también para la UNAM y sus alumnos. En este apartado se hace un resumen de los logros y actividades que se realizaron con los proyectos y sus observaciones.

**Conclusiones.** En este apartado se dan a conocer las observaciones relacionadas con lo aprendido en los proyectos y el proceso de diseño, así como las cosas que faltaron por aprender.

**Bibliografía.** Dado que los trabajos de cada proyecto se encuentran en el apartado “desarrollo” y mantienen su formato original, la mayor parte de la bibliografía está localizada al final de cada uno de ellos y en éste sólo se muestra las referencias que se usaron en los apartados “Breve descripción del proceso del ME310” y “Análisis”.

**Apéndice.** Muestra los cuestionarios realizados a los alumnos y profesores participantes en cada proyecto.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL ME310**

### **Antecedentes**

Todo proceso de diseño tiene su parte creativa en el que se requiere tanto de la intuición como del conocimiento tecnológico. En muchas ocasiones no se requiere tanta creatividad como en otras, ya que la mayoría de los diseños van evolucionando gradualmente, haciendo una serie de modificaciones al diseño original. La mayoría de los productos de ingeniería están diseñados para encajar en un sistema determinado; si éste cambia, el producto debe de evolucionar para adaptarse al cambio [2].

Por otro lado están las innovaciones. En este caso no se hacen modificaciones y por lo tanto se tiene el riesgo de fracasar en la resolución del problema o de gastar mucho dinero para resolverlo [2]. Para evitar estos problemas y asegurar un diseño exitoso, se han concebido metodologías que, llevadas a

buen término, pueden lograr objetivos más concretos. Aún así, existen ventajas y desventajas que exceden o limitan el diseño de productos.

## **Ejemplos de métodos convencionales**

**Búsqueda de literatura.** Las actualizaciones tecnológicas les brindan a los diseñadores información valiosa que proporciona diferentes soluciones conocidas. Se encuentra en libros y revistas tecnológicas, archivos de patentes y folletos publicados por la competencia. Esta información suele archivar en computadoras como fuente para futuros nuevos diseños [5].

**Análisis de sistemas naturales.** El estudio de formas, estructuras, organismos y procesos naturales, pueden ofrecer soluciones tecnológicas útiles. La naturaleza suele ser un estímulo para la creatividad de los diseñadores [5].

**Análisis de sistemas tecnológicos existentes.** Es uno de los medios más importantes para generar variantes de solución nuevas o mejoradas. Se hace un análisis seccionado de un producto terminado en forma mental y/o a veces física. Podría considerarse como un análisis estructural donde la meta consiste en descubrir las relaciones características lógicas, físicas y estructurales del diseño. El estudio de sistemas existentes considera el análisis de: productos o métodos de producción de otras compañías y de productos o ensambles similares, en donde sólo algunas subfunciones o funciones estructurales corresponden con aquellas soluciones buscadas [5].

**Analogías.** En la búsqueda de soluciones y en el análisis de propiedades de sistemas, se sustituyen otros problemas o sistemas equivalentes y se toman como modelo. Además de ayudar en la búsqueda de soluciones, las analogías también son útiles para el estudio del comportamiento de sistemas en los primeros pasos del desarrollo, lo que implica usar técnicas de simulación y modelado, y para la identificación de nuevas subfunciones que tendrán una optimización pronta [5].

**Mediciones y pruebas a modelos.** Las mediciones obtenidas de sistemas existentes, las pruebas realizadas en modelos con análisis similares y otros estudios experimentales, son de entre las fuentes de información, de las más importantes para el desarrollo de productos [5].

## **Ejemplos de métodos intuitivos**

Por lo general los diseñadores descubren por intuición soluciones para problemas difíciles, después de un periodo de búsqueda y reflexión. Estas soluciones aparecen de repente como pensamientos concientes, y muchas veces no puede ser rastreado su origen. Un buen método de diseño, lejos de querer eliminar este proceso, debe servir como apoyo. Los métodos puramente intuitivos tienen las desventajas siguientes: una buena idea no siempre aparece en el tiempo adecuado, debido a que no puede ser forzada a salir. Los prejuicios personales y convenciones actuales pueden inhibir el desarrollo de ideas originales. Debido a la falta de información, puede suceder que los procesos o tecnología nuevos no alcancen a llegar a la mente del diseñador. Estos peligros se incrementan con la especialización, la división de tareas y la presión del tiempo. Los métodos que se muestran a continuación llevan a cabo dinámicas de grupo que generan un ancho intervalo de ideas posibles [5].

**Lluvia de ideas o “Brainstorming”.** Se puede describir como el método que consiste en crear un mar de ideas nuevas. Cada uno de los integrantes de un grupo, mayor de cinco pero menor de quince personas de tan diferentes esferas como sea posible, proponen cualquier pensamiento o estímulo que genere nuevas ideas en la mente de los otros participantes. Intenta estimular la memoria y fomentar la asociación de ideas que nunca antes se habían considerado en ese contexto, o que nunca antes habían llegado a un estado mental conciente.

**Método 635.** Es el método de lluvia de ideas transformado por Rohrbach. Después de familiarizarse con el problema y analizarlo cuidadosamente, se les pide a cada uno de los seis participantes que escriban con palabras clave tres soluciones toscas. Pasado un determinado tiempo, se pasan las soluciones al

compañero de al lado y éste, a su vez, después de leerlas, escribe tres ideas consecuentes o desarrollos de las mismas. Este proceso continúa hasta que cada conjunto de tres ideas haya sido completado o desarrollado mediante asociación por los otros cinco participantes.

**Método de galería.** Combina el trabajo individual y el de grupo. Es muy parecido al “Brainstorming” pero se hace por medio de bosquejos. Una vez familiarizados con el problema, los integrantes del grupo crean soluciones de forma intuitiva y las esquematizan, apoyándose algunas veces con un poco de texto. Los bocetos se cuelgan, cual galería, de tal forma que los otros participantes puedan ver y discutir las ideas expuestas. Las ideas o asociaciones generadas se desarrollan de forma individual por cada miembro del grupo. Una vez terminadas se revisan y clasifican, y aquéllas que sean prometedoras se seleccionan.

**Método Delphi.** En este método se les pide su opinión escrita a diferentes expertos de un determinado campo. Todas las ideas recabadas son enlistadas y se les pregunta por la opinión que tienen de ellas. Se evalúan las respuestas y se seleccionan las posibles soluciones aceptables, y luego se les pide por último que decidan cuál es la mejor de ellas.

**“Synetics”.** El método consiste en que un grupo de no más de siete personas relacione conceptos que aparentemente son independientes. La meta es obtener ideas fructíferas con la ayuda de analogías con otros campos no técnicos o semitécnicos. Si el resultado no es satisfactorio, debe repetirse el proceso con una analogía diferente.

## **El curso ME310 y su proceso de diseño**

En resumen, ME310 es un curso donde los estudiantes de la Universidad de Stanford y de algunas de las principales universidades a nivel mundial se enfrentan a desafíos de diseño e innovación planteados por corporaciones globales.

ME310 es una asignatura de diseño en ingeniería enfocado en la realización de proyectos con duración de un año, que se ha impartido de forma continua durante 40 años en la Universidad de Stanford. Fue creado originalmente para proporcionar a los alumnos experiencias de ingeniería en el mundo real. El curso ha evolucionado desde entonces: originalmente era un curso de diseño en sistemas mecatrónicos, ahora se ha convertido en un curso con colaboración global basado en el diseño e innovación de productos. El proceso de diseño empleado en el ME310 también se enseña a nivel mundial en cuatro de sus continentes; en quince de las principales universidades de ocho países diferentes, entre ellas la UNAM. Cabe mencionar que en esta última no se le da al curso el mismo nombre, pues abarca otros proyectos con metodologías distintas y se le conoce como “innovación de productos”.

El proceso de diseño del curso ME310 muestra una filosofía que nos permite abordar un proyecto desde su definición y explorar sin límites estructurales las oportunidades que, mediante su solución, puedan encaminarlo al diseño y desarrollo de productos innovadores. Por decirlo de una forma más elegante, los límites del proyecto están en la imaginación del equipo de diseño y no en la estructura del proceso. ME310 propone abrir el panorama de soluciones a un nivel superior al de otros procesos de diseño para aterrizar en una de ellas con mayor impacto e innovación. Termina generalmente con la construcción de prototipos funcionales que pueden ser probados y evaluados con usuarios reales. Se trata de un proceso de diseño enfocado a la innovación y al usuario.

Este proceso de diseño se imparte también en la UNAM, como se menciono anteriormente, en cursos de maestría en diseño mecánico, así como en cursos de licenciatura en diseño industrial e ingeniería. La UNAM promueve la creación de equipos multidisciplinarios para permitir que logren un mayor panorama de soluciones con diferente enfoque.

Cuando un socio corporativo se compromete con el curso, ya sea a través de la Universidad de Stanford o mediante otra universidad global (como la UNAM) se les asigna un grupo de entre 6 y 8 estudiantes que se dedican a trabajar durante ocho meses en el reto de innovación propuesto por la empresa. En

cada proyecto, los estudiantes atraviesan por un proceso intensivo e iterativo de búsqueda de necesidades, creación de ideas y prototipos rápidos para poder crear y evaluar los nuevos conceptos. Las compañías, al estar involucradas en el proceso, proporcionan una revisión constante y real del proyecto, la cual es necesaria para que los equipos mejoren sus habilidades de innovación. Cada equipo está conformado por estudiantes de Stanford y de una universidad foránea, quienes mantienen una colaboración principalmente a distancia durante casi todo el proceso. Todo equipo empieza sus proyectos en las instalaciones de la Universidad de Stanford durante un taller introductorio al pensamiento enfocado al diseño.

### **El proceso de diseño de innovación**

Los fundamentos del proceso se basan en la idea de que para poder innovar se tiene que entender las necesidades del usuario y el contexto en el que se desenvuelve el diseño. A diferencia de otros cursos de ingeniería en diseño, ME310 exige a los estudiantes que salgan al campo de trabajo a entrevistar usuarios, para entender los valores de la gente, así como hacer un análisis de mercado de los productos y tecnologías existentes. Los estudiantes tienen entonces que analizar profundamente la situación actual del producto así como intuir el espacio de diseño en el que se encuentra. Entendiendo el pasado y el presente del producto se logra obtener mayor capacidad para diseñar lo que podrá haber en el futuro.

El proceso es cíclico a diferencia de otros, ver Figura 1.1. Al realizar varias veces este proceso, no solo aumenta el aprendizaje del estudiante, también el conocimiento sobre la esencia del proyecto. Este sistema iterativo asegura que los equipos no se queden trabados por mucho tiempo en una sola idea y permite realizar sondeos continuamente, haciendo prototipos rápidos con sus respectivas pruebas de usuario. Es un proceso divergente, que permite ampliar el horizonte de ideas al inicio para converger finalmente y elegir una de ellas con una esencia nueva. “Equivocarse pronto y muchas veces para tener éxito más rápido” es uno de los principales lemas de ME310.

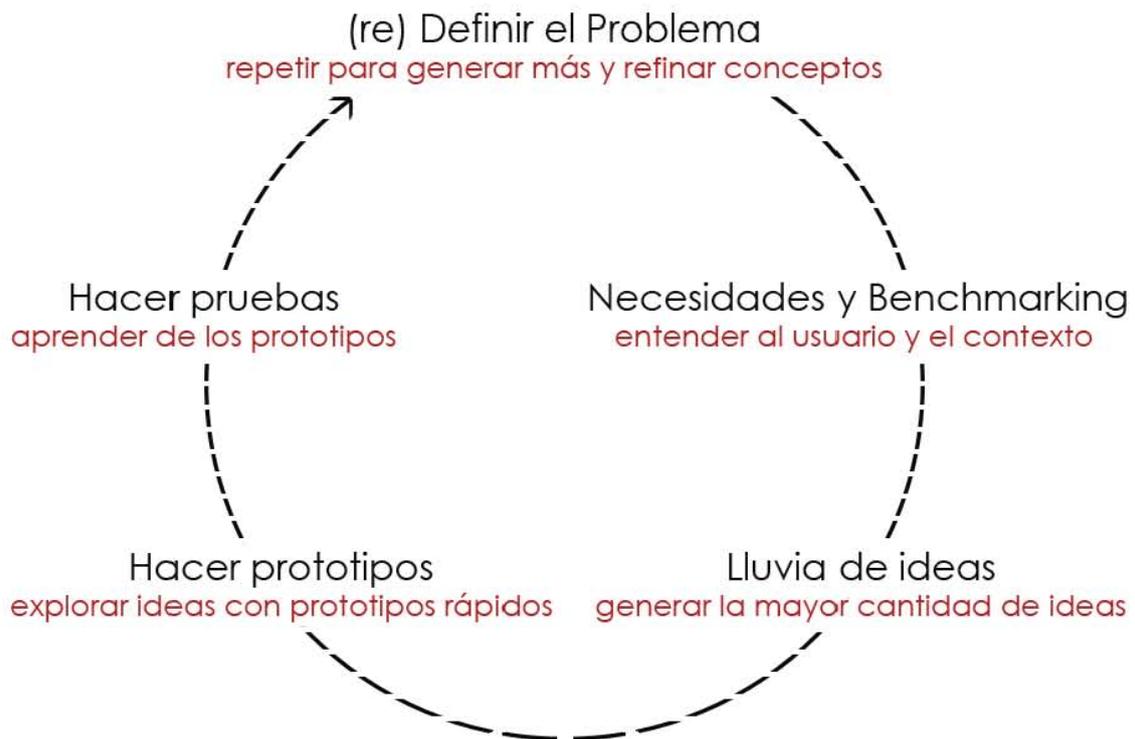


Figura 1.1 el proceso iterativo de diseño del curso ME310 [4].

La esencia del proceso, representada en la Figura 1.1, consiste en hacer tantas iteraciones del ciclo como sean necesarias, para profundizar en la solución y validarla con una investigación, la cual se lleva en paralelo al desarrollo del producto. Al inicio del proceso, las empresas participantes plantean un problema mediante una frase general y en muchos casos ambigua. El equipo la analiza y define el problema y el reto a resolver, tratando de encontrar y proponer al usuario o usuarios más significativos. Así mismo, analiza al usuario y el contexto que lo rodea, para de esta forma entrever las oportunidades de diseño que podrían explorarse. Estas oportunidades requieren soluciones y para ello se genera el mayor número de ideas posibles utilizando métodos intuitivos y/o convencionales, el más usado es la lluvia de ideas. Las soluciones más atractivas, se desarrollan y exploran por medio de prototipos rápidos. Estos últimos se prueban con usuarios reales, permitiendo así descartar prontamente las ideas poco fructíferas y seleccionar las más convincentes. Se hacen escritos en donde se plantean los objetivos de cada prototipo propuesto, los resultados obtenidos y las conclusiones de lo aprendido. Finalmente se redefine el problema y se inicia el ciclo nuevamente, con mayor enfoque y cada vez con mejores prototipos: más detallados y fundamentados y funcionales.

Los proyectos del curso ME310 provienen de empresas pequeñas y grandes, cuyos productos están relacionados con áreas tan diversos como las de: electrónicos, automóviles, telecomunicaciones, salud, aeronáutica, software, electrodomésticos, transporte y hasta cosméticos.

Los temas de los proyectos están enfocados generalmente para un futuro no mayor de 3 a 5 años. Abarcan a menudo tal amplitud de posibilidades, que los estudiantes no sólo deben resolver el problema, también definirlo o delimitarlo y, a la vez, deleitar y sorprender a los socios corporativos. Los proyectos deben estar bien definidos de manera que los estudiantes puedan trabajar en un contexto realista, el cual es el mejor terreno de entrenamiento para los innovadores del mañana.

Finalmente cabe mencionar que este proceso de diseño ayuda, como muchos otros, a originar las ideas para productos innovadores, pero no asegura que al aplicarlo a cualquier problema de diseño se obtengan resultados óptimos al finalizar del proceso. Como bien lo dice Michael French: “los problemas de diseño, al igual que cualquier problema complicado que requiera creatividad, se resuelven mediante un simple y arduo trabajo mental. Los métodos o metodologías ayudan a los diseñadores a mantenerse activos, a sobrepasar de forma útil esos periodos de tiempo en los que la inspiración no llega, o a romper argumentos circulares. Les ayuda a encontrar el extremo del hilo conductor que los guiará a la solución que merodea dentro de los límites de la imaginación, para poder ser dibujada en un pizarrón y descubrir que a menudo ni siquiera es funcional. Sin embargo, aún siendo este el caso, el método permitirá ver de manera más rápida que se trata de una solución inútil” [1].

## **DESARROLLO**

Los trabajos que se muestran a continuación son el resultado de la ejecución de dos proyectos de diseño conceptual realizados durante el periodo 2009-2011. En cada trabajo se utiliza el mismo proceso de diseño, pero con pequeñas modificaciones, ya que, como se explicó en el apartado anterior, cada año el proceso cambia o se modifica para mejorarlo o experimentar con algunas variantes. La estructura de cada uno es similar y se pueden leer de forma independiente y en orden distinto uno de otro. En cada uno se describe todo el proceso de diseño y desarrollo del concepto, así como sus resultados, conclusiones y observaciones finales. La numeración y formato son diferentes a los que se manejan en esta tesis para evitar modificar el trabajo original y la confusión que se generaría al unirlos. Están escritos en el idioma que se utilizó para comunicarse tanto con los contactos de la corporación, como entre los integrantes de cada equipo; uno en español y otro en inglés. El primero corresponde al proyecto desarrollado para la corporación Mabe, denominado originalmente “la estufa del futuro”, más tarde “focaris: mesa interactiva para

cocinar” y el segundo, desarrollado para la corporación Lockheed Martin, al que se le conoce como “estructura para satélite de comunicación” o “Open space; Satellite Manufacturing Inside Out”. Dados los acuerdos de confidencialidad que mantiene la UNAM con la corporación Mabe y, así mismo, la UNAM con la corporación Lockheed Martin a través de la Universidad de Stanford, estos trabajos se encuentran restringidos, por lo que no todas las versiones de esta tesis los muestran. Si se trata de una versión no restringida sea tan amable de manejarla con responsabilidad y discreción. Si está restringida y desea hacer consulta de alguno de ellos, favor de comunicarse con el Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich y/o con el Dr. Vicente Borja Ramírez en el departamento de ingeniería mecánica en el posgrado de ingeniería de la UNAM.

# focaris

*Mesa Interactiva para Cocinar*

Innovación de Productos

Reporte Final

2/Julio/2010

**mabe**



---

Alejandra Carmona

Isaac Castañeda

Víctor Castro

Claudio Hansberg



# open space

Satellite Manufacturing Inside Out



TRAVIS BOW  
XIAO GE  
JESSICA Ji

ISAAC CASTAÑEDA  
RAFAEL MAYANI  
CLAUDIO HANSBERG  
LUIS VAZQUEZ

LOCKHEED MARTIN



## Spring Documentation

---

Version: June 7, 2011  
Department of Mechanical Engineering  
Stanford University  
Stanford, CA 94305-4021  
© 2011

## **ANÁLISIS**

### **Los proyectos**

Todo proyecto parte de un enunciado clave en el que se define la necesidad y los deseos de la empresa, así como de una frase en la que se enuncia el problema. Cada empresa decide que tan ambigua es esta frase o petición. El grado de ambigüedad de la frase puede aumentar el número de oportunidades de diseño que tiene un proyecto. Hay proyectos, por ejemplo, en los que la frase plantea básicamente el concepto del producto final o esboza el contexto que lo rodea y propone el producto ya conocido pero para usuarios o tiempos diferentes, confinando la investigación en una sola dirección. Sea como sea esta frase, el equipo de diseño está al mando y decide, basado en su investigación y tratando por lo general de complacer a la empresa, hacia donde se va a dirigir. En la Tabla 3.1 se muestra algunos puntos importantes que nos permiten ver las características que definen a los proyectos realizados con las corporaciones Lockheed Martin y Mabe.

Tabla 3.1 Características de los proyectos.

Corporación	Espacio temporal	Usuario	Contexto	Concepto	Beneficio
Lockheed Martin	Próximos años (2-3)	No definidos	Satélites de comunicación	Estructura para satélite	Económico, Menor tiempo de producción
Mabe	2020	No definidos	Cocina en América	Estufa del Futuro	Ser el principal productor

**Declaración de la necesidad del proyecto Lockheed Martin.** “Cada satélite es único y por lo tanto el desarrollo de cada uno es muy complejo: poseen componentes personalizados, diferentes estructuras y se les hace pruebas complicadas. ¿Será posible diseñar una estructura para satélite a la que se le puedan adaptar distintos componentes? ¿Reducirá esto el gasto de recursos en la manufactura de un satélite? ¿Podría un satélite modular mejorar la integración de distintos subsistemas? ¿Permitirá éste cambio obtener un satélite más asequible?”

**Declaración del problema del proyecto Lockheed Martin.** El objetivo es diseñar una estructura para una nueva generación de satélites de comunicación que se puedan configurar, sean modulares y escalables y satisfagan misiones diferentes. Esto reducirá de manera significativa el tiempo entre la autorización de construcción y la entrega del satélite al cliente.

**Declaración de la necesidad del proyecto Mabe.** Cocinar ha sido y seguirá siendo una de las principales actividades del ser humano. La estufa es uno de los aparatos domésticos que menos ha evolucionado en la historia de los aparatos de línea blanca. De alguna forma, no ha sido afectada por los cambios que se han dado en la sociedad. La riqueza cultural y los fuertes vínculos sociales asociados a la cocina se han ido perdiendo en las últimas décadas. ¿Puede una estufa fortalecer estos vínculos?

**Declaración del problema del proyecto Mabe.** Diseñar una estufa para el año 2020 que permita a la empresa Mabe ser el primer competidor en América.

**Ambigüedad:** Posibilidad de que algo pueda entenderse de varios modos o que admita distintas interpretaciones [6].

**Evolución biológica:** es el conjunto de transformaciones o cambios a través del tiempo que ha originado la diversidad de formas de vida que existen sobre la Tierra a partir de un antepasado común [3].

**Análisis con respecto a la ambigüedad en los proyectos.** De las declaraciones del problema y de necesidad mostradas anteriormente se puede ver que en ambos proyectos se pide evolucionar un producto, cuyo concepto está delimitado por las necesidades particulares propuestas, las cuales restringen el campo de soluciones y restan ambigüedad al problema. Además, en ambas frases o declaraciones del problema se le da un nombre conocido al objeto de diseño, que nos permite asociarlo a un producto actual o, visto desde el punto evolutivo, a un antepasado común, y de esta forma delimitarlo. En el caso de la estructura para satélite es claro que la restricción proviene de los componentes, procedimientos y pruebas actuales. En el caso de la estufa del futuro, la restricción no es tan evidente, ya que está relacionada con usuarios del futuro, aún no identificados ni definidos por la empresa, y de los que aún no se sabe cómo será el vínculo que tendrán con el electrodoméstico a diseñar. Estas incógnitas permiten ampliar el campo de soluciones y muestran un grado mayor de ambigüedad que en el de la estructura para satélite.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, se puede ver que en ninguno de los dos proyectos se puede vislumbrar el concepto final, lo que los hace ambiguos, pero en ambos se sabe el nombre del producto actual, lo que les resta cierto grado de ambigüedad. Es decir, un producto sumamente ambiguo no se define ni por el nombre ni por la forma de resolverlo, se define por la solución que se busca. Esto es, no se define el “qué” ni el “cómo”, sólo se da a conocer el “para qué”. Para poder entender mejor este punto, en la Tabla 3.2 se muestra un ejemplo en donde se califica el nivel de ambigüedad que tiene cada proyecto según su definición y se compara con otro ficticio altamente ambiguo.

Tabla 3.2 Sobre la ambigüedad de un proyecto.

	Qué?	Cómo?	Para qué?	Ambigüedad
Lockheed Martin	Estructura para satélite de Comunicación	Configurable, modular, escalable	Configurar más rápido	Baja
Mabe	Estufa	/	Necesidades del futuro	Alta
Ejemplo	/	/	Lavar dientes	Muy alta

Una frase puede ser clara y ambigua al mismo tiempo. Esto es, del ejemplo ficticio dado en la tabla la frase podría ser: “diseñar algo que sirva para lavar los dientes”. No dice qué, ni cómo, pero es claro que debe permitir lavar los dientes. En la Tabla 3.3 se muestra una serie de palabras clave que intentan definir qué tan claro y ambiguo fue cada frase de cada proyecto en comparación a otros proyectos del mismo curso. Estas palabras se obtuvieron de las encuestas realizadas a los integrantes de ambos equipos y profesores participantes, que pueden verse en el apéndice de este trabajo.

Tabla 3.3 Palabras clave con respecto a la claridad y ambigüedad del proyecto.

Corporación	Claridad	Ambigüedad
Mabe	Adecuada, constante, ambigua, alta.	Adecuada, acertada, total, inspiradora, fácil de entender.
Lockheed Martin	En aumento con relación al tiempo, baja, poca.	Poca, restringida, constante, inexistente, difícil de entender.

**Las oportunidades de diseño según el tipo de proyecto.** Es claro, ahora que se ha hablado de la ambigüedad de las declaraciones, que el campo de soluciones relacionado con cada proyecto es muy diferente y que por lo tanto las oportunidades de diseño están mucho más limitadas en la estructura para satélite que en la estufa del futuro. Por otro lado, una vez definido el problema y analizando el campo de oportunidades de diseño seleccionado para cada proyecto, se puede ver que la posibilidad de desarrollar ideas innovadoras dependen únicamente de la capacidad del equipo. Es decir, la cantidad y creatividad de estas ideas no está relacionado con la ambigüedad del proyecto. Lo que permite suponer que el proceso de diseño utilizado permite que cualquier proyecto pueda tener un campo de oportunidades de diseño fructífero aún dentro de un espacio de soluciones muy limitado.

Algunos de los profesores y alumnos participantes en cada proyecto opinan que las oportunidades de diseño se definen con las palabras claves mostradas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Palabras clave con respecto a las oportunidades de diseño.

	Mabe	Lockheed Martin
Oportunidades de diseño	Amplias, muy amplias, abiertas, muchas	Amplias, muchas, limitadas, muy limitadas, abiertas, grandes y limitadas

La tabla muestra cierta contradicción en la opinión de los encuestados con relación al proyecto con Lockheed Martin y no es raro que sea así: esto se explica debido a que la encuesta se hizo una vez terminado el proyecto y que los encuestados se enfocaron en las oportunidades de diseño de momentos diferentes del proyecto. Si se analizan las oportunidades de diseño al inicio del proyecto, cuando la definición aún nos permite darnos cuenta de la amplitud del campo de soluciones que permitiría reducir los costos de producción en los satélites, entonces podemos decir que las oportunidades son muchas, pero si observamos el campo de soluciones comparado con el que tienen otros proyectos, como el del ejemplo ficticio o el de Mabe, entonces las oportunidades son menores. O si observamos las oportunidades de diseño conforme fue avanzando el proyecto y cuando se aclararon como eran los componentes, los procedimientos y las pruebas, entonces es fácil pensar que son muy limitadas.

**El contexto según el tipo de proyecto.** La investigación relacionada con el contexto que rodea a cada proyecto intenta ser lo más exhaustiva posible, de manera que se pueda dar una solución más acertada. Si la temática es compleja, se requiere mayor tiempo para entender y digerir la información. Empaparse rápidamente de toda la información relacionada con el tema ayuda a identificar las oportunidades de diseño más fácilmente.

El contexto que rodea a la manufactura de un satélite es complejo y la obtención de la información relacionada es muy lenta y difícil de digerir. Empaparse de esta información permite entender mucho mejor el problema,

pero se pierde mucho tiempo en ello y se puede nublar la vista con respecto a las posibles soluciones, dado que hay que tomar en cuenta muchas consideraciones. Además, se trata de información muy técnica y especializada.

En el caso de la estufa del futuro la información está al alcance de la mano y digerirla es muy rápido, aunque se trata de mucha más información que en el proyecto del satélite, pues el contexto es mucho más amplio. Es esencial conocer todo lo que sea posible relacionado con estufas o sistemas para transferir calor para lograr proponer un número considerable de soluciones, que luego puedan ser seleccionadas según su interés. La información puede ser técnica, pero las variables que se manejan son pocas.

**El espacio temporal según el tipo de proyecto.** Como se puede apreciar en la Tabla 3.1 al inicio del capítulo, el proyecto para la corporación Lockheed Martin está planteado para dentro de dos o tres años, a comparación del de Mabe que es para el 2020. Esta diferencia en espacios temporales es muy significativa a la hora de hacer la investigación de mercado o de productos existentes y debe tomarse en cuenta.

En el proyecto de la estructura para satélites se busca una solución que se apegue mucho al sistema de producción actual, a los procedimientos y pruebas que se le hacen a los satélites hoy en día y al tipo de componentes electrónicos que estos últimos suelen utilizar. Por lo tanto, la investigación de mercado y de productos existentes está limitada un número cuantificable de diseños.

En el proyecto de la estufa del futuro se requiere hacer una investigación no sólo de los productos existentes, también de los que están a punto de salir al mercado y de los conceptos que aún no se desarrollan. Además, entender al usuario del futuro implica explorar la tecnología que lo rodea y rodeará en un futuro cercano, conocer los lenguajes y/o sistemas de comunicación entre usuario máquina a los que están acostumbrados en el presente y detectar las fallas y los aciertos para vislumbrar los sistemas que prevalecerán, así como reconocer los comportamientos y cambios que estos productos generan en la población actual. La investigación es muy extensa y los diseños son muchos.

**Los usuarios según el tipo de proyecto.** Identificar a los usuarios es la primera actividad que se lleva a cabo dentro del proceso de diseño del curso ME310. Tal vez es la actividad más difícil del proceso y se sabe que el usuario elegido al principio puede modificarse conforme se hace la búsqueda de información relacionada con el concepto. En el proceso de diseño se usan varios métodos para lograr definir al usuario del futuro, así como para obtener la información necesaria para definir al usuario actual. Dado que el proceso de diseño está enfocado en el usuario y es a través de éste que se valida el resultado final, es sumamente importante definirlo y estar en contacto con él, si se puede. En cada proyecto existe una problemática particular relacionada con los usuarios.

En el proyecto de Mabe el usuario no existe, o dicho de otra forma: existe pero no ha evolucionado aún. Se pueden hacer pruebas con usuarios actuales y validar, con la investigación realizada, las decisiones tomadas. La garantía de que el concepto sea aceptado en el futuro se respalda y justifica con esta información y con usuarios actuales, y se comprueba definitivamente en el futuro. Definir los usuarios en este tipo de proyectos puede ser la clave más importante para determinar el concepto a diseñar.

En el proyecto de Lockheed Martin el usuario existe, pero no está al alcance de la mano. Este usuario lo define un grupo de expertos a quienes a través de preguntas se les puede ir extrayendo la información que valide el concepto. La investigación ayuda considerablemente con la toma de decisiones, pero no es fácil de digerir, como se explica en el apartado "El contexto según el tipo de proyecto". Experimentar conceptos bajo éste tipo de situaciones es sumamente complicado. Dado que el usuario difícilmente puede probar los conceptos, se requiere que la comunicación entre diseñadores y expertos sea lo más clara posible. Un malentendido puede traer consecuencias graves o en todo caso excluir ideas u oportunidades de diseño prometedoras. La comunicación con los expertos de la empresa es, en éste caso, la clave para el desarrollo del concepto y la interacción con los usuarios se basa en cuestiones de ergonomía y acciones predefinidas.

Puesto desde el punto de vista de algunos compañeros de los dos equipos y de los profesores a cargo de los proyectos globales, según las encuestas realizadas, el tipo de usuario y la relación con éste se aprecia como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Tipo y relación con usuario.

Corporación	Tipo de usuario	Relación con usuario
Mabe	Publico en general, jóvenes inexpertos, cercanos y conocidos	Permanente, fácil, cercana, abierta, natural
Lockheed Martin	Fabricante de satélites, ingeniero, técnico, poco comunes, especializado, experto, específicos	Desconectada, baja, escasa, inexistente, casi nula, difícil, desafiante

**La experimentación y prototipado según el tipo de proyecto.** Las oportunidades de diseño están directamente relacionadas con la experimentación y generación de prototipos. Si éstas son abundantes y claras, es fácil elegir una y hacer prototipos que permitan probarlas y experimentar con los usuarios, aún cuando en ocasiones, como se mencionó en apartados anteriores, no se pueda hacerlo con los usuarios reales. Experimentar ideas y generar prototipos no es una tarea fácil, ya que, dependiendo de la complejidad del problema, puede requerir mucho tiempo de construcción o de planeación, incluyendo todos los problemas relacionados con el envío de componentes que no se encuentran en el mercado nacional. También es importante considerar y delimitar lo que se intenta probar con un prototipo, pues incluir muchas variables puede afectar la lectura de resultados y por lo tanto las conclusiones de lo aprendido. Lo más importante, según el proceso de diseño, es cometer el mayor número de errores al principio, de manera que se aprenda rápido y se tengan buenos resultados al final.

En el proyecto de la estufa del futuro las oportunidades de diseño eran abundantes y permitían realizar muchas pruebas sencillas, sobre todo al principio, con prototipos burdos y más tarde con prototipos más complejos que englobaban mejor el concepto. Casi todos los componentes y/o materiales eran fáciles de conseguir, imaginar, construir y probar.

La estructura para el satélite implicaba recabar muchos más conocimientos e información relacionada. Entender las cualidades de los materiales reales y simularlos con los que hay en el mercado no fue una tarea fácil. Intentar experimentar con ideas que se adaptaran a las condiciones actuales de este tipo de estructuras, involucraba tomar en cuenta mucho más variables de las que se suelen tomar a la hora de hacer conceptos nuevos. Cualquier cambio en el diseño propuesto implicaba resolver varios problemas relacionados con las diferentes condiciones a las que estaría expuesto.

La opinión de algunos de los compañeros de los dos proyectos y de los profesores relacionada con la experimentación y prototipado en los proyectos se muestra a continuación en la Tabla 3.6, según las encuestas aplicadas.

Tabla 3.6 Experimentación y prototipado.

Corporación	Experimentación	Prototipado
Mabe	Adecuada, fácil, directa, estimulante, enriquecedora	Muy bueno, simulación, estimula a aprender, sencillo
Lockheed Martin	Poco efectiva, poca, poco realista, limitada, mecánica, casi nula	Limitado, útil, complejo, simulación, poco realista, mucho y rápido, desafiante

### **Descripción breve de las empresas Lockheed Martin y Mabe**

**Lockheed Martin** es una empresa corporativa creada en 1995 que surgió de la unión entre las corporaciones Lockheed y Martin Marietta, dos compañías mundiales de tecnología de primera en ese entonces. Emplea a más de 70'000 ingenieros y científicos para crear soluciones innovadoras a los retos globales de seguridad. En la actualidad, el desarrollo de tecnología, ingeniería e innovación ha sido fundamental para las corporaciones aeroespaciales y de defensa, su principal nicho de mercado, así como para los mercados emergentes de seguridad virtual, salud, energía y cambio climático. Tiene más de 4000 programas repartidos en 600 lugares diferentes en el mundo, tanto en los 50 estados Estadounidenses como en otros 75 países más. La sede de Lockheed Martin se encuentra en Bethesda Maryland, en donde se encargan de organizar sus diferentes áreas de negocio: aeronáutica, sistemas

electrónicos, sistemas de información y soluciones Globales y sistemas espaciales [7].

**Mabe** es hoy en día una empresa global creada originalmente en 1946 de la unión de dos familias mexicanas de cuyos apellidos se forma el nombre utilizando las dos primeras sílabas. En 1987 formó una sociedad con GE emprendiendo el desarrollo y la investigación de nuevas tecnologías [8]. Cuenta con más de 18'000 colaboradores alrededor del mundo quienes se encargan de diseñar, producir y distribuir productos para el mercado de línea blanca, facturando más de 4'000 mmd al año. Es líder en el mercado global en el área de refrigeradores, estufas, lavadoras y productos complementarios. Desde el 2004 ha cambiado su imagen a una identidad corporativa. Distribuye sus productos en 12 países del continente Americano y desde el 2008 también en Rusia, gracias a una alianza estratégica con la compañía Europea Fagor [9].

**Lockheed Martin y Mabe.** Ambas empresas fundamentan que la competitividad que tienen y han tenido hasta ahora en el mercado se debe a su capacidad de innovar. Ahora bien, tanto una como otra diseña bajo esquemas tradicionales de ingeniería, lo que de alguna forma deja entrever que sus diseños suelen basarse en conceptos que han sido totalmente probados y que, poderlos desarrollar antes que otras compañías, les asegura generalmente su éxito y viabilidad. ¿Qué pasa cuando los productos que desarrollan son cada vez más fáciles de realizar? Esto permite que otras empresas también entren a la competencia y obligue, por así decirlo, a las compañías actual a aumentar la producción y bajar costos o innovar en un mercado aún por explorar. Lockheed Martin requiere poder producir sus satélites de manera más rápida, antes de que otras corporaciones le ganen el mercado; Mabe, como ya ha perdido ese nivel de competitividad en el presente, requiere innovar en sus estufas para alcanzar nuevamente el lugar número uno en ventas en el futuro.

**Relación entre el equipo y los “liaison” (enlaces) de las corporaciones.** Mabe ya había trabajado anteriormente con la UNAM en proyectos relacionados con la Universidad de Berkeley y la metodología que en ellos se maneja, pero no conocía el proceso de diseño del curso ME310, ni el enfoque

que le da la UNAM. Esta novedad mantuvo a Mabe con cierta incredulidad ante el proceso de diseño y sus resultados. Acostumbrada a dejar las cosas muy claras y mantener un control casi total de los proyectos con la UNAM, mostró nerviosismo y bajas expectativas ante un proyecto ambiguo. Por ello es que, aunque el equipo se presentó en las instalaciones de la empresa con todas las formalidades esperadas (zapatos, pantalón de vestir y saco), hubo tanta insistencia en que se tenía que entregar algo sorprendente. La declaración de la necesidad y la del problema se expuso en forma clara y tangible, y el apretón de manos final dio por sentado el trato y el compromiso a obtener cualquier apoyo por parte de la empresa para lograr los objetivos del proyecto. Durante el proyecto el apoyo fue decreciendo considerablemente y el flujo de información fue tan bajo que se prefirió obtenerla de otras empresas. Por otro lado, el equipo tuvo total libertad para encaminarse en lo que se consideró más relevante en el proyecto y debido a esto los resultados finales se tomaron con gran entusiasmo y sorpresa.

La corporación Lockheed Martin, en cambio, ya había trabajado bajo el proceso de diseño del curso ME310 en varias ocasiones y le quedaban claros los beneficios y sus resultados. La declaración de la necesidad y la del problema se obtuvo de forma escrita, pero la empresa tardó mucho en comunicarse con el equipo, de dos a tres semanas, y solo se reunió con una parte para aclararle un poco más sobre los objetivos del proyecto. Esto retrazó considerablemente el entendimiento del problema, aunado a lo ya difuso y poco tangible del proyecto. Por otro lado, el apoyo de la corporación fue total, aunque vale la pena mencionar que el flujo de información fue muy lento, debido al nivel de seguridad que maneja Lockheed Martin. La visita a otras empresas ayudó considerablemente para entender el contexto que rodea a la producción de satélites, así como el tipo de componentes y pruebas que se hacen en equipos electrónicos de otras aeronaves. Sólo a los ciudadanos estadounidenses del equipo, dos de siete, se les permitió visitar las instalaciones de Lockheed Martin, logrando así una observación parcial del equipo y una disminución en la probabilidad de reconocer oportunidades de diseño, sumando además lo tardío de la visita con relación al tiempo de toma de decisiones. La empresa mantuvo un seguimiento total del proyecto y la libertad de acción se limitó a los intereses

de la corporación. En ocasiones, no se llegaron a exponer todas las ideas que se proponían, por lo que no se pudo probar cada una de ellas. Dado que la comunicación se daba con cuatro diferentes “liaisons”, y estos no siempre estaban al corriente de los avances, ni eran expertos en los diferentes campos en los que se investigaba, el proyecto avanzó lentamente y bajo límites muy concretos.

En el apéndice de este trabajo se muestran las opiniones de los integrantes de cada equipo respecto a cómo definen a la corporación con quien trabajaron, qué interés creen que tienen en este tipo de proyectos y en que les ayudó ver las instalaciones o corporaciones relacionadas. Estas están basadas en cuestionarios contestados por los integrantes y profesores de ambos proyectos globales. A continuación se muestra en la Tabla 3.7 como se define con diferentes palabras el flujo de información entre los “liaisons” de la empresa y el equipo de diseño respectivo a cada proyecto.

Tabla 3.7 flujo de información entre empresa y equipo de diseño.

Corporación	Mabe	Lockheed Martin
Flujo de información	Constante, pobre, complicado, lento, unidireccional, interesado	Escaso, aventada, ineficiente, torpe, complicado, inexistente, desinteresado, desafiante, bueno, lento

De la tabla se puede decir que las palabras que definen al flujo de información es bastante pesimista y permiten entrever cierto grado de frustración y desacuerdo. De esta forma se pueden apreciar las desventajas que conlleva el trabajar con este tipo de empresas.

## Equipos distintos

**Los proyectos globales.** En la UNAM un grupo de profesores, dos del posgrado de ingeniería mecánica y dos del centro de investigaciones de diseño industrial (CIDI), imparten un curso semestral y otro curso bi-semestral relacionado con el diseño de productos enfocados al usuario. Los alumnos que toman este curso, en el CIDI, en la FI y en el posgrado de Ingeniería mecánica,

se dividen en dos grupos diferentes: el primero con los alumnos seleccionados para trabajar con la Universidad de Berkeley y en proyectos nacionales y el segundo con las universidades de Stanford y el tecnológico de Munich. A los proyectos que están relacionados con una universidad extranjeras se les conoce como “proyectos globales”, nombre que ya se ha mencionado anteriormente. Los proyectos con la Universidad de Stanford están enfocados principalmente a la innovación de productos.

**Formación de equipos.** Existen varias metodologías para formar equipos, una de ellas es “Teamology”, la cual suele usarse por lo general en el curso ME310. También se seleccionan a los integrantes de un equipo analizando el comportamiento de cada individuo en equipos prueba, en los que se combina a diferentes participantes para realizar actividades y valorar sus logros en proyectos menores e identificar las diferentes personalidades.

**Equipo mabe.** Primeramente se seleccionó un grupo de alumnos para colocarlos en los proyectos globales (2009-2010) relacionados tanto con el Tecnológico de la Universidad de Munich (TUM) como con la Universidad de Stanford (SU). Para poder hacer un mejor análisis del comportamiento de los alumnos y dar comienzo a la aventura de los proyectos, se formaron equipos de tres integrantes. Basándose en el curso ME310 de 2009-2010, se asignó a los equipos la tarea “catapultas”, que consiste esencialmente en realizar una catapulta con ciertas características específicas. Terminada esta actividad se reorganizaron los equipos y se les encomendó llevar a cabo la tarea “paperbike”, que consiste básicamente en hacer una bicicleta de cartón que pueda transportar a un individuo y cuyo proceso de diseño muestra la esencia del curso ME310. Esta actividad se modifica año con año y está bajo experimentación constante. Se analizó el comportamiento de cada alumno por separado y los logros obtenidos en cada equipo de trabajo. Originalmente se esperaba que una vez concluida esta actividad se formarían los equipos finales y se les asignaría el proyecto y el nombre de la empresa corporativa. Ya que el equipo de TUM y los dos equipos de Stanford se habían seleccionado, se cancelaron los proyectos con Stanford y hubo que reorganizar los equipos nuevamente. Esta vez, se les dio la oportunidad a los alumnos a que, en base

a los resultados obtenidos individualmente y en orden de mayor a menor puntuación, fueran eligiendo uno de los tres proyectos existentes. Dos de estos proyectos se llevarían a cabo bajo el mismo proceso que se utiliza en el curso ME310 y el tercero con la metodología que aplica TUM. Aunque la creación de cada equipo se hizo por elección individual, la experiencia previa ayudó considerablemente en la toma de decisiones. En el equipo mabe quedaron cinco alumnos, dos ingenieros y tres diseñadores industriales. Cabe mencionar que, a mitad del proyecto, uno de los ingenieros dejó de ser miembro del equipo. En la Tabla 3.8 se muestran los nombres de los integrantes del equipo Mabe su carrera y universidad, así como los del equipo Lockheed Martin. Más adelante se describe como se formó éste último.

Tabla 3.9 Equipos por nombre, profesión y universidad.

EQUIPO	NOMBRE	CARRERA Y ESPECIALIZACIÓN	UNIVERSIDAD
L. Martin	Travis	Ing. Mecánico – MS I. Mecánica	Stanford
	Xiao	Ing. Mecánica	Stanford
	Jessica	Ing. Química – MS I. Mecánica	Stanford
	<b>Isaac</b>	Diseñador Industrial	UNAM
	<b>Claudio</b>	Ing. Mecánico – MS I. Mecánica	UNAM
	Rafael	Diseñador Industrial	UNAM
	Luis	Ing. Mecatrónico – MS I Mecánica	UNAM
Mabe	Alejandra	Diseñadora Industrial	UNAM
	<b>Isaac</b>	Diseñador Industrial	UNAM
	Víctor	Diseñador Industrial	UNAM
	<b>Claudio</b>	Ing. Mecánico – MS I. Mecánica	UNAM
	(Fernando)	Ing. Mecatrónico	UNAM

Los nombres en negritas representan a los integrantes que participaron en ambos proyectos y el que está entre paréntesis a quien se dio de baja.

**Equipo Lockheed Martin.** En el curso 2010-2011 el proceso de selección de los alumnos para el proyecto Lockheed Martin fue bastante similar al del curso 2009-2010 descrito anteriormente para el equipo Mabe. La parte del equipo

mexicano y su contraparte estadounidense se seleccionó por separado en cada universidad. En esta ocasión una vez terminada la actividad de las bicicletas de cartón, los profesores formaron la parte mexicana del equipo, sin saber entonces cual sería la empresa corporativa para la que trabajarían ni el proyecto. Primeramente se seleccionó a un ingeniero mecánico y a un diseñador industrial, ex-alumnos del curso 2009-2010 y participantes en el equipo Mabe, y posteriormente se les asignó dos compañeros seleccionados del curso 2010-2011, un diseñador industrial y un ingeniero mecatrónico. La parte estadounidense se seleccionó en esta ocasión de manera muy distinta a como se había hecho en otros años en base al proceso "teamology". Cada quien eligió su equipo (de entre 3 y 4 integrantes), una vez conformado se apuntaron en orden de preferencia a los proyectos que más les interesaban y finalmente los profesores decidieron el proyecto que les asignarían a cada equipo. Entonces, la contraparte estadounidense, formada por una ingeniera química y dos ingenieros mecánicos (uno estadounidense y la otra China), y la parte mexicana conformaron el equipo Lockheed Martin final.

**Funcionamiento del equipo y repartición de tareas.** Generar ideas es la principal actividad en la que, en teoría, todos los integrantes de un equipo deben participar, aún así es posible que a algunos integrantes se les dificulte más que a otros y que en ocasiones se limiten sólo a escoger las ideas propuestas. Algunas de las actividades relacionadas con el curso, como la búsqueda de información y la redacción de documentos, son obligatorias para todos los integrantes, aún cuando a algunos no se les facilite tanto. Las demás actividades suelen repartirse y asignarse a aquellos individuos que tengan la capacidad o habilidad para realizarlas. Queda claro pensar que la actividad se asigna, por lo general, por preferencia y proposición propia del integrante, aunque no siempre sea así, ni que por ello se obtengan los mejores resultados.

**Liderazgo.** Por lo general, es de esperarse el surgimiento de un líder en un equipo de trabajo, a menos de que el equipo esté lo suficientemente balanceado para que cada quien asuma su rol sin necesidad de que alguien tome la iniciativa y gestione, convoque, promueva, incentive, motive o evalúe al equipo. Un buen equipo de trabajo es aquel que cuenta con individuos

independientes que trabajan por iniciativa propia para o por el equipo, sabiendo cuales son sus alcances y limitaciones, promoviendo así la armonía del trabajo en equipo. Dicho de otra forma, es un equipo compuesto por líderes individuales o auto-líderes, que no buscan el liderazgo del equipo. Un líder, por otro lado, puede surgir en situaciones que lo necesiten y no requiere ser siempre la misma persona, pues las situaciones en las que se requiera ese liderazgo pueden ser diferentes. Por ello, contar con un equipo de líderes no pretenciosos es esencial para un buen equipo.

**Comunicación.** La actividad de comunicación suele tener una relevancia importante para este tipo de proyectos, pues no sólo se trata de poder comunicar ideas entre los integrantes del equipo, también se requiere a alguien que sea capaz de comunicarlas fuera del equipo. Esta persona no siempre es la voz del equipo, pero es la que mejor sabe comunicarse. Por ejemplo, cuando se trata de comunicación a distancia y/o en otro idioma se escoge a alguien que pueda transmitir la esencia de la información al otro lado, tal cual y como se ha acordado, sin la influencia de intereses personales. Cuando el comunicador no está de acuerdo con lo que se quiere transmitir, puede ser un gran problema, para el avance del proyecto, si no lo transmite. Por otro lado, cuando se trata de transmitir los resultados de una investigación, se requiere tener la capacidad para comprenderla y sintetizarla (comprensión global y síntesis), de manera que se pueda exponer adecuadamente.

**Contabilidad y manejo de recursos.** Es una tarea generalmente tediosa que requiere de una persona lo suficientemente ordenada, honesta y confiable que tenga un entendimiento claro del valor de las cosas, de la relevancia y beneficio del objeto de compra y del manejo global de esos recursos. La confianza que el equipo tenga de su administrador no siempre tiene que ver con la honestidad del individuo, pero es de esperarse que así sea.

**Traducción.** El traductor es aquella persona que se encarga de traducir la información compleja en un lenguaje que puedan comprender los otros integrantes del equipo. Esta actividad puede tomarla cualquiera de ellos y depende del grado de especialización y experiencia. Existen temas que, por su

complejidad, complican la posibilidad de ser entendidos en esencia y que sin una traducción adecuada pueden perder el interés del equipo, impidiendo así un mejor análisis del problema.

**Conciliación.** El conciliador es un individuo que surge, al igual que un líder, según sea necesario y permite no sólo solventar problemas entre integrantes sino que también entre las ideas expuestas que, en ocasiones, no parecen estar en armonía. Generalmente se trata de una persona imparcial. Las relaciones fuera del ámbito de trabajo mejoran el entendimiento y evitan la necesidad de un conciliador.

La integración, el desarrollo del concepto y la presentación estética del mismo, estarán afectados por la comprensión global del problema, la habilidad manual de los integrantes y la elección adecuada de los materiales. Otras actividades como la observación, se dan de manera individual y se discuten las ideas de esta actividad en grupo.

**Retos, límites y capacidades individuales.** En un equipo cada integrante tiene metas personales, estas pueden estar relacionadas a veces con el aprendizaje de una actividad nueva. Además, cada individuo tiene diferentes capacidades y limitaciones que, si se es consciente de ellas, pueden ser una ventaja para el equipo. Cuando una de las metas personales está obstaculizada por un límite, suele obtenerse un trabajo mediocre, lo que implica que, dependiendo del tiempo e intereses del equipo, puede aceptarse o rechazarse. Si se acepta, el resultado esperado no suele ser el óptimo, si se rechaza, el trabajo se debe realizar de nuevo por un integrante más capaz, lo cual representa tiempo perdido. Cuando los integrantes de un equipo saben reconocer sus límites y capacidades es mucho más fácil llegar a buenos resultados en un tiempo adecuado.

**El estrés vs la creatividad y la comunicación.** El desarrollo de un proyecto de diseño con fecha límite de entrega, como los expuestos anteriormente, están bajo un constante aumento de presión. El estrés influye en el desempeño de los integrantes de un equipo en forma diferente. La creatividad y la

comunicación suelen decrecer, pero al mismo tiempo se presiona a concretar ideas y organizar tiempos. Hay individuos que trabajan mejor bajo estrés que otros. Están los que el aumento en el número de tareas los inmoviliza y están los que se agilizan. La diferencia consiste en que aquellos que la carga de trabajo los paraliza pasan mucho tiempo intentando ver como resolver todo en el tiempo dado y los otros, por el contrario, van resolviendo poco a poco las diferentes tareas, dándoles prioridad a las más importantes.

**Idiomas diferentes.** La comunicación en un lenguaje distinto, puede ser un problema si el flujo de ideas se entorpece por falta de entendimiento. Es importante recalcar que el lenguaje varía de un individuo a otro inclusive en el mismo idioma. Según la real academia española (RAE) el idioma es la lengua de un pueblo o nación. El lenguaje, en cambio, es un estilo o modo de hablar y escribir de cada persona en particular. Los diseñadores e ingenieros hablan lenguajes diferentes que, dependiendo de la formación personal y familiar de cada uno, pueden a veces llegar a ser muy parecidos. El lenguaje entre ingenieros de diferentes países puede variar dependiendo de la educación y cultura del país en donde fueron instruidos.

**Relaciones fuera del ambiente de trabajo.** Una actividad que ayuda mucho a los equipos es relacionarse y conocerse fuera del ámbito laboral. Trabajar en un ambiente agradable y llevar a cabo una actividad cotidiana en la que dos o más integrantes de un equipo pueda relacionarse para mejorar el intercambio de ideas, la tolerancia, la aceptación y la identificación de pensamientos similares, es muy buen consejo para el trabajo en equipo. Conocerse y entenderse en actividades como los son comer, juegos deportivos, eventos culturales y otras, acerca e integra a los individuos de un equipo. En el equipo Mabe, por ejemplo, el integrante que dejó de participar en el equipo, no realizaba actividades fuera del ámbito laboral, lo que lo llevó a alejarse paulatinamente. En el caso de los integrantes Estadounidenses, con respecto a la relación que mantenían con los mexicanos, tampoco hubo muchas actividades en las que participaran juntos. Los horarios de comida eran distintos e inamovibles y los intereses en horas recreativas diferían considerablemente.

## Países distintos

Dado que Estados Unidos, China y México son países con una cultura y formación escolar diferente, es de esperarse que su forma de trabajar también lo sea. Entender algunos de los resultados obtenidos en el proyecto Lockheed Martin, cuyo equipo de trabajo mezcla estas tres culturas, nos obliga a observar y analizar algunos aspectos importantes. Éstos están relacionados con la comunicación, la valorización de una meta a logro, la planeación y dedicación de tiempo a un proyecto, el modo de trabajo según las capacidades manuales, y la forma de llevar a cabo una discusión de ideas. Las ideas que se muestran a continuación se basan en ciertas observaciones generales y en la información extraída de los cuestionarios realizados a los integrantes del equipo Lockheed Martin y a los profesores a cargo de los proyectos globales.

Debido a la poca interacción, a la dificultad de comparación con otro integrante de la misma nacionalidad y a la casi total dependencia de la compañera china hacia la estadounidense, no se hace referencia a su comportamiento. Aunque, cabe mencionar que se mimetizó casi totalmente con sus compañera y su conducta fue similar, por lo que algunas características la incluyen totalmente.

**Comunicación.** Los estudiantes estadounidenses suelen ser personas amables que comunican sus ideas en un tono de voz suave, inclusive cuando se trata de una petición desagradable. Esta forma de actuar les permite imponer su forma de pensar a otras personas y, dado que se hace con cordialidad, es difícil rechazar sus propuestas. Cuando éstas son rechazadas o denegadas tienden a ser inflexibles. Esto es, son totalmente conscientes de que lo que están pidiendo puede ser irritante o inclusive innecesario, pero dado que lo están pidiendo de manera cortés esperan que se lleve a cabo. Suelen ser bastante cuadrados y tienen poca empatía por los demás, lo cual proviene probablemente de su cultura individualista e imperialista. Escuchan amablemente las ideas, tratando de entender los diferentes razonamientos, dando lugar a que todos opinen y apuntando los puntos clave. Cuando no han entendido una idea suelen descartarla mentalmente y, una vez sucedido esto, les cuesta mucho fijar su atención a razonamientos relacionados con ella.

El Mexicano, por el contrario, suele ser un poco más agresivo e impaciente al comunicar sus ideas, lucha por ser escuchado y al mismo tiempo se acongoja al darse cuenta que lo están escuchando. Habiendo sido un pueblo conquistado, suele ser sumiso ante la imposición “amable-agresiva” del estadounidense y se vuelve flexible con facilidad ante las negativas de éste, buscando siempre llegar a acuerdos, a menos de que esté totalmente seguro de que su idea es muy buena y viable. Por otro lado, los mexicanos puede pasar mucho tiempo en discusiones para finalmente darse cuenta que todos están hablando sobre lo mismo. Esto se debe probablemente a que el lenguaje que maneja suele ser muy distinto debido a las grandes diferencias sociales que existen en el país.

**Logros.** El mexicano suele ser perfeccionista, busca metas elevadas y, por lo general, se entrega al trabajo por completo. Sus logros los minimiza muy a menudo, pero se siente muy orgulloso si se los han aplaudido. Le cuesta mucho trabajo valorarse, se compara con otros de manera poco fiable y rara vez se auto premia y, dado que está acostumbrado a competir contra grupos numerosos, la posibilidad de ser premiado es muy baja. El estadounidense, por el contrario, suele celebrar todo lo que hace, esta acostumbrado a ser premiado por cualquier cosa, premiándose a si mismo si nadie lo hace. Compite por lo general en una población muy reducida, lo que le permite obtener muchos logros fácilmente. Está en constante búsqueda de metas reales que le den el suficiente prestigio para pasar al siguiente nivel con honores.

**Planeación y tiempo de trabajo.** La planeación de actividades se da de manera muy distinta en cada cultura. El estadounidense suele ser más metódico: enlista las actividades, controla los resultados obtenidos repasando estas listas constantemente y palomeando los puntos que se han cumplido. Suele ser inflexible para hacer cambios de planes y se apeg a los horarios establecidos estrictamente. Esto último se puede ver en su apego a los horarios de comida, a las actividades sociales y a los días de descanso. El mexicano trabajador es menos ordenado y discute las posibilidades de las diferentes actividades haciendo acuerdos verbales, tratando de acoplar sus

horarios al trabajo prioritario, modificando sus propios planes ante las decisiones del grupo y sacrificando días de descanso, horarios de comida e inclusive clases y eventos sociales. Suele ser muy flexible, se adapta a las necesidades y se lleva trabajo a casa en caso de ser necesario.

**Trabajo manual.** El estadounidense deja en manos de los expertos el trabajo que cree incapaz de hacer debido a su poca habilidad herramental. Por otro lado, cuando ve que otros compañeros realizan ellos mismos el trabajo manual, pierden el miedo a cometer errores y pone las manos a la obra, aunque a veces los resultados no sean óptimos. Tiene un gran sentido de apoyo a la comunidad a la que pertenece. El mexicano mete las manos al fuego y ahorra dinero haciendo las cosas el mismo. Cuenta con mucha habilidad herramental debido a la experiencia que a adquirido por necesidad. Es optimista al aprender a hacer algo nuevo, pero le da miedo cometer errores al aplicar lo aprendido en un trabajo de entrega, lo que lo hace ser precavido y cuidadoso. Apoya a la comunidad sólo si se siente obligado.

**Discusión.** En la discusión de ideas el estadounidense es metódico, trata de incluir todas las posibilidades e ideas en forma escrita, haciendo diagramas, da la impresión de que le gusta incluir el mayor número de palabras para que parezcan complicados, toma las ideas locas en cuenta y por consideración, pero las descarta fácilmente por miedo. Dedicar poco tiempo a esta actividad. El mexicano es imaginativo y desordenado, dedica mucho tiempo en discusiones, tomando notas rara vez y haciendo acuerdos verbales constantemente. Propone ideas muy locas, hace observaciones importantes y le gusta arriesgarse a la crítica y a la discusión acalorada.

Estas dos formas de actuar pueden favorecer mucho a un equipo si el entendimiento y las metas son similares, si no lo son, suele ser muy conflictivo. Cada cultura tiene sus ventajas y sus desventajas, pero haciendo un buen balance de ellas puede surgir un buen equipo de trabajo. En general lo más importante es darse cuenta de cuales son los límites y las capacidades de cada integrante y permitir que cada quien las desarrolle al máximo.

En la siguiente tabla se resume lo dicho anteriormente con palabras clave para poder identificar cada una de las características antes mencionadas (ver Tabla 3.10). Cabe mencionar que los diferentes puntos tratados en ella intentan generalizar el comportamiento de los estudiantes Estadounidenses y Mexicanos dentro de un grupo cultural y social muy específico. Además, se basan únicamente en la observación realizada al comportamiento de sólo un equipo de trabajo, por lo que se entiende que no es totalmente representativo, pero da una idea de cómo se aprecian ciertas características culturales.

Tabla 3.10 comparativa entre Estadounidenses y Mexicanos.

	Estadounidenses	Mexicanos
Comunicación	Amable Inflexible ante negativas Tiene poca empatía	Sumiso Flexible ante negativas Busca acuerdos
Logros	Celebra trabajo trivial Se auto premia Busca metas reales	Perfeccionista Minimiza su trabajo Busca metas elevadas
Planeación	Enlista actividades Controla resultados Mantiene planes Inflexible	Discute posibilidades Hace acuerdos Modifica planes Flexible
Tiempo Trabajo	Horarios establecidos Inflexible	Horarios continuos Se adapta a las necesidades Se lleva trabajo a casa
Manualidades	Encarga a expertos Poca habilidad herramental Apoya a la comunidad Poco miedo a hacer errores	Ahorra haciéndolo el mismo Mucha habilidad herramental Poco apoyo comunitario Miedo a cometer errores
Discusión	Metódico Dedica poco tiempo Incluyente Miedo a ideas nuevas	Desordenado Dedica mucho tiempo Hace acuerdos Ama las ideas locas
Personalidad	Egoísta Dominante Práctico Conservador	Egoísta Sumiso Trabajador Innovador

Vale la pena mencionar que conocer las cualidades y defectos de un equipo de trabajo permite reaccionar más fácilmente ante las complicaciones que se suelen dar cuando el estrés aumenta y el tiempo de entrega disminuye.

## Recursos económicos

**El monto económico y su administración.** Saber el monto económico dedicado para la construcción de prototipos permite hacerse una idea más clara de cómo repartir ese dinero a lo largo de todo el proyecto, pero ello puede tener sus ventajas y sus desventajas.

Si el monto dado está muy ajustado o se encuentra por debajo de lo que requiere un proyecto, sucede por lo general lo siguiente: se promueve el ahorro, se hace un cálculo preciso del material requerido, se limita el gasto a artículos necesarios para el proyecto, se intenta hacer la mayor parte del trabajo físico por parte de los alumnos, se hace una comparación exhaustiva de los productos existentes en el mercado y se aprovechan materiales sobrantes para prototipos futuros. Ahora bien, si el monto es considerablemente mayor a lo que requiere un proyecto, es posible que, si no se presta mucha atención, se haga un uso deficiente del dinero: se compran cosas que no son necesarias o que su relevancia en el proyecto es muy baja; se compra material de sobra debido a que se hacen cálculos deficientes; se hace una búsqueda parcial de los productos existentes en el mercado logrando así una comparación muy pobre en precios; se paga por realizar trabajo físico en el exterior; se tira material sobrante a la basura; y por último, se pierde el valor real de las cosas.

Cuando el proyecto está relacionado con tecnología con un costo elevado se toman en cuenta otras variables. El monto económico es, por supuesto, una de ellas, pero existen otras posibilidades de ahorro que no siempre se vislumbran. Ejemplos de una de estas variables es la simulación de equipo electrónico, de instrumentos de medición o elementos de ensamble. Es importante entender que para realizar un prototipo se debe tener claro lo que se intenta probar o aprender con él. En el proyecto “la estufa del futuro” se simula una pantalla interactiva por medio de un proyector y sensores. La idea no es demostrar que una pantalla de esas dimensiones funcione, más bien es probar un concepto que, mediante la interacción con la pantalla, permita que los usuarios, entre muchas otras cosas, convivan, se comuniquen, se ayuden y aprendan a

cocinar. Por lo tanto, no es necesario comprar una pantalla ni mandarla hacer. Ejemplos como este se pueden ver en muchos de los prototipos que se muestran en ambos proyectos, unos cumplen mejor que otros con estas características de simulación que les permite ahorrar dinero del proyecto y aprovecharlo de otra manera.

**El gasto según la cultura y/o educación.** Hacer un gasto razonable del dinero para la producción de prototipos en un proyecto no sólo depende de la cantidad del monto, también es una cuestión cultural y de educación.

Un país consumista, como lo es Estados Unidos, tiene por lo general estudiantes con una visión diferente a la del mexicano. Por ejemplo, el monto monetario asignado a prototipos lo suelen ver como una suma que les da poder de compra, en vez de verla como un medio para realizar un proyecto. Esto es, con ella compran lo que desean, que no necesariamente coincide con lo que necesitan. Muchos de estos artículos acaban siendo caprichos que finalmente terminan arrumbados, en la basura, perdidos o como objetos de uso personal. Por un lado, tienen la ventaja de que la mayoría de las tiendas cuentan con un sistema eficiente para la devolución de productos, por lo que suelen hacer compras compulsivas sin preocuparse por el gasto; por el otro lado, esa facilidad para devolver artículos les elimina el remordimiento de la compra y acaban no haciendo la devolución, cayendo sin darse cuenta, una vez más, en el juego impuesto por el propio sistema capitalista.

México es un país maquilador con mano de obra barata en el que, además, se pueden conseguir materiales a muy buen precio. El monto monetario destinado a prototipos se puede administrar mucho mejor, ya que cuando se quiere ahorrar dinero, se dedica tiempo haciendo las cosas uno mismo y si se quiere ahorrar tiempo se manda a hacer. Además cuando hay poco dinero y poco tiempo, se sacrifican las horas de descanso, esparcimiento, compromisos sociales y hasta las de comida. Esta situación obliga al estudiante a ser más precavido, lo que lo lleva a realizar planes mucho más precisos, para aprovechar los recursos económicos al máximo y ser más eficiente con su tiempo.

## **Beneficios al participar en los proyectos globales**

**Para la UNAM.** Al colaborar con otras universidades y empresas de prestigio, la UNAM se vincula con la academia internacional y con la iniciativa privada, cuyos socios corporativos apoyan este tipo de proyectos. De esta forma puede compararse y valuarse el nivel de los estudiantes de la UNAM desde un punto de vista académico-internacional y empresarial. Permite, además, incluir una visión empresarial en el modelo de enseñanza-aprendizaje. Al tratarse de proyectos multidisciplinarios e internacionales, logra vincular a los profesores y los alumnos con gente de diferentes áreas, niveles académicos, puntos de vista, culturas, idiomas y formación, promoviendo así un mejor desarrollo de la academia y por lo tanto mayor prestigio y reconocimiento para la UNAM.

**Para el alumno.** Se relaciona con estudiantes de otras carreras, países, nacionalidades, lenguas, grados académicos y/o universidades y empresas altamente reconocidas a nivel mundial. Adquiere experiencia laboral trabajando en proyectos prospectivos, de diseño reales y con empresas reales. Logra entender los intereses de una empresa y asume responsabilidades sobre las decisiones que toma con respecto a su proyecto, incluyendo el manejo del presupuesto. Aprende a asumir riesgos ante equivocaciones, a plantear y solucionar problemas sistémicos complejos, a trabajar en equipos multidisciplinarios, a controlar el estrés ante la incertidumbre del método y las fechas fijas de entrega, a valorar el diseño enfocado al usuario, a reconocer oportunidades de diseño y a comunicarse a distancia utilizando tecnología moderna. Fortalece su capacidad emprendedora y de investigación. Abre las puertas a oportunidades laborales a nivel mundial, mejorando su currículum y mostrando su trabajo ante empresas de diferentes partes del mundo. Además, recibe asesoría directa de varios profesores reconocidos y de expertos en temas diversos, no siempre relacionados con lo aprendido en la disciplina elegida.

**Para el profesor.** Colabora y se vincula con universidades y empresas altamente reconocidas. Ayuda a fortalecer la formación de alumnos; permitiéndoles obtener experiencia en proyectos de innovación, con procesos y

métodos de ingeniería de diseño enfocado al usuario; aprendiendo y aplicando nuevos enfoques, modelos y procesos de diseño en proyectos multidisciplinarios y multiculturales; y fomentando el planteamiento y resolución de problemas y una visión holística de la enseñanza-aprendizaje. Aprende de las experiencias adquiridas en este proceso y las aplica en su trabajo académico cotidiano. Amplía su horizonte y expectativas académicas y mejora su currículum personal y prestigio como profesor.

**Para las empresas participantes.** Exploran y aprenden nuevas formas para aproximarse al diseño y desarrollo de conceptos nuevos para sus productos, viéndolos desde una perspectiva distinta e innovadora. Se vinculan con la academia no sólo para fomentar el desarrollo de la misma y exentar impuestos, sino que también para obtener mejores resultados en sus productos y para vincularse con gente joven y destacada que cuente con gran potencial para su empresa.

Los puntos expuestos anteriormente están basados en la opinión de algunos profesores y alumnos participantes en ambos proyectos globales y complementados con la opinión del autor de este trabajo. Los datos textuales se encuentran en el apartado “Apéndice” al final de este documento en la sección de cuestionarios.

## RESULTADOS

En ambos proyectos se obtuvieron conceptos con resultados innovadores y de utilidad para la empresa respectiva. Estos dos trabajos se sumaron a los numerosos resultados que ha arrojado la colaboración entre la UNAM y las diferentes corporaciones, así como los de la relación a través de los proyectos globales con la Universidad de Stanford.

El prototipo funcional del proyecto “la estufa del futuro” construido para la empresa Mabe, fue una propuesta de una mesa interactiva para cocinar, al que el equipo de diseño puso el nombre “focaris”, el cual permitió denotar las características principales del concepto. Algunas de ellas se simularon con instrumentos sencillos para representar la tecnología que en el futuro podrá ser utilizada en una mesa como esta. El desarrollo del concepto engloba de manera significativa la esencia de la estufa, integrando otras funciones, como la mesa para comer, el mantel y la ayuda asistida, y se comunica con sistemas relacionados con la cocina, usuarios externos e internos, manteniendo cierto

control con relación a los alimentos, los resultados obtenidos al cocinar y la limpieza del área de trabajo.

En el trabajo final, se reflejó la labor realizada por el equipo “KID” durante los ocho meses que duró el proyecto y las justificaciones que lo avalan como concepto. Los resultados fueron satisfactorios tanto para Mabe como para la UNAM.

El equipo “KID” demostró su capacidad para colaborar en armonía, bajo altos grados de estrés, apoyándose en sus capacidades multidisciplinarias y experiencias individuales, así como en trabajos previos y en el equipo de profesores.

El 27 de mayo de 2010 se presentó el prototipo ante los contactos del corporativo Mabe, logrando generar una experiencia enriquecedora y distinta a la de una estufa tradicional.

El 3 de junio de 2010 el proyecto se presentó en la Universidad de Stanford en la EXPE2010 mediante una exposición oral, ante un público internacional y de diferentes áreas empresariales, en la que también se mostraron videos y fotografías del prototipo, reflejando la esencia y la experiencia lograda.

Los prototipos funcionales diseñados para el final del proyecto “configure-to-order” para la empresa Lockheed Martin mostraron las características más relevantes del concepto, al que se le puso el nombre “Open Space”. En ellos se pudieron identificar las soluciones propuestas a los problemas que surgieron al modificar la configuración de la estructura de un satélite y el funcionamiento del nuevo concepto.

La solución conceptual que se planteó es sólida y está respaldada por la información recabada por el equipo de diseño. Muestra un gran potencial para el desarrollo de estructuras para satélites de comunicación, permitiendo resolver el problema del reemplazo tardío de componentes y disminuyendo así

el costo y tiempo de producción. Además facilita el trabajo del personal encargado permitiendo tener una perspectiva más clara de los componentes y el cableado, debido a su posición horizontal, logrando que el trabajador esté en una posición más ergonómica y pueda construir, modificar y hacer pruebas en los diferentes sistemas.

En el trabajo final se englobó los ocho meses de trabajo que el equipo realizó para finalmente proponer una idea que resolviera los problemas planteados durante la mayor parte del proceso. La empresa Lockheed Martin quedó complacida con la solución propuesta y con el trabajo realizado por el equipo.

El equipo del proyecto con Lockheed Martin demostró su capacidad de desarrollar un concepto con el apoyo de integrantes de diferentes disciplinas y nacionalidades. Los fallos en comunicación se debieron básicamente a la distancia, la incompatibilidad cultural y dificultad del tema, así como por la poca interacción que hubo entre los integrantes fuera del ámbito de trabajo.

El 2 de junio del 2011 se presentó los resultados a algunos de los contactos de la corporación Lockheed Martin, a empresarios interesados y a profesores relacionada con los proyectos globales.

El 3 de junio del 2011 se hizo la presentación del concepto en la EXPE2011 en la Universidad de Stanford frente a un público empresarial y universitario internacional. También se mostraron los diferentes prototipos, que engloban las soluciones propuestas, durante la muestra de prototipos, en las instalaciones de esa misma universidad.

## **CONCLUSIONES**

Se desarrollaron dos proyectos de innovación de productos utilizando el proceso de diseño del ME310 y se presentaron los resultados obtenidos, así como los productos conceptuales mediante prototipos funcionales.

Se puede decir que el proceso de diseño del ME310 genera soluciones innovadoras aceptables y sorprendentes al aplicarlo a problemas de diseño de innovación de productos.

Llevar a cabo proyectos bajo la observación y dirección de corporaciones altamente reconocidas y con fechas límite de entrega, fomenta el desarrollo formal de este tipo de trabajos.

Las empresas al dejar de lado sus métodos de diseño para conocer nuevos procesos, como el del ME310, se acercan a la academia permitiendo obtener beneficios mutuos.

Trabajar con equipos multidisciplinarios y/o multiculturales en este tipo de proyectos es altamente recomendable, ya que permiten generar un campo de soluciones amplio y con enfoques distintos.

Entender las características humanas que pueden poner en riesgo el desarrollo de un proyecto es esencial para la creación de equipos multidisciplinarios y/o multiculturales. El respeto, la tolerancia y la empatía son esenciales para mantener un ambiente de trabajo adecuado y son factores que pueden fomentarse desde el inicio de un proyecto por medio de actividades.

Cumplir con los objetivos de un proyecto a tiempo implica saber aprovechar las capacidades e identificar las limitaciones de los integrantes. Es importante resaltar que, participar en trabajos previos al proyecto con los integrantes de un equipo de trabajo final ayuda a que estos factores se descubran a tiempo.

Todo proceso de diseño tiene sus ventajas y desventajas y cada diseñador se acopla mejor a uno que a otro, pero para realmente obtener buenos resultados en un proyecto lo importante es elegir un buen equipo de trabajo sin tomar en cuenta siquiera lo interesante del proyecto o su dificultad.

Vender un concepto ante una empresa o un público conecedor requiere de mucha experiencia y podría facilitarse esta actividad incluyendo actividades de oratoria y/o actuación en los cursos de diseño.

## **LOGROS Y COMENTARIOS**

Se entendió y se aplicó la mecánica del proceso del curso ME310 en dos proyectos distintos, logrando adecuarlos a sus necesidades específicas. De esta forma se lograron realizar dos conceptos innovadores y superar las expectativas de ambas corporaciones.

Se aprendió a trabajar con un equipo multidisciplinario y multicultural logrando llegar a los objetivos propuestos en los proyectos y los personales.

Se aprendió a trabajar bajo la observación y dirección de corporaciones altamente reconocidas y se logró identificar los problemas que conlleva congeniar a estas con la academia, así como los que cada una de ellas tiene internamente.

Se logró entender como aprovechar las capacidades y limitaciones de los integrantes de un equipo, incluyendo las propias, para obtener un fin común.

Se utilizó algunos conocimientos aprendidos en la maestría, como identificar la esencia de un diseño y las funciones de contenido y contexto.

Hubiera sido interesante aplicar la metodología en un proyecto mucho más ambiguo; aprender a organizar mejor el tiempo de búsqueda y análisis de información; e identificar las oportunidades de diseño con mayor velocidad, descartando aquellas que no valen la pena analizar.

Hubiera sido interesante aprender a cómo valorar económicamente un diseño o concepto y cómo estimar los costos de producción de un producto. Por otro lado, se logró promover el gasto adecuado de recursos para ambos proyectos e identificar el valor de las cosas que se requieren o no para ellos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 French, M. J. (1985). *Conceptual Design for Engineers (2 ed.)*. London: The Design Council.
- 2 Leech, D. J. y Turner, B. T. (1985). *Engineering Design for Profit*. Great Britain: Ellis Horwood Limited.
- 3 Kutschera, U., Karl J. Niklas. 2004. The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. *Naturwissenschaften* (2004) 91:255–276.
- 4 ME310 Corporate Brochure 2010-2011
- 5 Pahl, G. y Beitz, W. (1999). *Engineering Design a Systematic approach (2 ed.)*. Great Britain: Springer.
- 6 URL: <http://www.wordreference.com/definicion/ambig%C3%BCedad> 12/08/11
- 7 URL: <http://www.lockheedmartin.com> 01/08/11
- 8 URL: <http://www.mabe.cc/main.aspx?idioma=182> 01/08/11
- 9 URL: <http://www.mabe.com.mx/main.aspx> 01/08/11

## **APÉNDICE**

## **Cuestionario Mabe**

### **La corporación:**

- 1 ¿Con tus palabras, cómo describes a la corporación Mabe?
- 2 ¿Cuál crees que es el interés principal de Mabe en participar en estos proyectos?
- 3 ¿Visitar las instalaciones de otras corporaciones te pareció de ayuda para el proyecto? ¿por qué?
- 4 Si tuvieras que definir con una palabra el flujo de información entre Mabe y el equipo de diseño, ¿cuál sería y por qué?

### **El problema o tipo de proyecto:**

- 5 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto Usa una sola palabra para cada término o una oración corta.

### **Los alumnos del curso:**

- 6 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos? ¿cuáles son las ventajas y desventajas de participar en estos proyectos de diseño? ¿Cuales son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?

### **El equipo:**

- 7 ¿Cómo se formó? ¿Cómo debe ser la relación entre ingenieros y diseñadores? Y ¿Cómo fue? ¿Cómo fue la comunicación y la relación dentro y afuera del ámbito de trabajo?

## Respuestas al cuestionario Mabe

### La corporación:

1 ¿Con tus palabras, cómo describes a la corporación Mabe?

**R1** Me parece una empresa con poco desarrollo tecnológico innovador y celosos con su información.

**R2** Es una empresa mexicana dedicada al diseño y producción de electrodomésticos.

2 ¿Cuál crees que es el interés principal de Mabe en participar en estos proyectos?

**R1** Nuevas ideas.

**R2** Obtener nuevas ideas, conceptos que no pueden surgir dentro de su estructura rígida y con pocos aires de innovación.

3 ¿Visitar las instalaciones de otras corporaciones te pareció de ayuda para el proyecto? ¿por qué?

**R1** Si, por que es parte de ampliar la visión y ser más concreto al diseñar.

**R2** Si, ayudo a resolver muchas dudas y a observar el proceso de producción de productos similares.

4 Si tuvieras que definir con una palabra el flujo de información entre Mabe y el equipo de diseño, ¿cuál sería y por qué?

**R1** Lento, por que mabe pensaba lo que decía 2 veces para no “ventilar” lo que no podían.

**R2** Pobre. Existió poca comunicación entre la empresa y el equipo de diseño.

### El problema o tipo de proyecto:

5 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto Usa una sola palabra para cada término o una oración corta.

**R1** Claridad - ambigua, ambigüedad - inspiradora, complejidad - reto, tema - familiar, tipo de usuarios - cercanos a lo que conocemos, relación con usuarios

- /, experimentación - enriquecedora, prototipado - no hay otra forma de aprender.

**R2** Con Gran Potencial. Existieron muchos caminos de experimentación, y se pueden realizar las observaciones y pruebas de usuarios en el contexto del producto en desarrollo.

### **Los alumnos del curso:**

6 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos? ¿cuáles son las ventajas y desventajas de participar en estos proyectos de diseño? ¿Cuales son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?

**R1** Aprender a trabajar en equipos interdisciplinarios, bajo presión y con resultados excelentes en poco tiempo. Las capacidades, son necesarias la mejor actitud, mente abierta, y ganas de adquirir más capacidades.

**R2** Aprender a trabajar en equipo y lidiar con la responsabilidad de rendir cuentas a un cliente real.

Ventajas: Presupuesto. Muchas cabezas piensan mejor que una. Un equipo de profesores con gran experiencia.

Desventajas: Problemas de horario. Diferentes personalidades dentro del equipo.

Facilidad para comunicar ideas. Responsabilidad. Tolerancia.

### **El equipo:**

7 ¿Cómo se formó? ¿Cómo debe ser la relación entre ingenieros y diseñadores? Y ¿Cómo fue? ¿Cómo fue la comunicación y la relación dentro y afuera del ámbito de trabajo?

**R1 /**

**R2** Por una selección hecha por los profesores a partir de actividades en las cuales los alumnos demostraron sus habilidades.

Creo que no deberían existir distinciones, al fin y al cabo todos están diseñando algo, la capacidad esta, solo se requiere la disposición de todos los miembros del equipo por dar su mejor esfuerzo y aceptar la generación de ideas en conjunto, no defender ciegamente las ideas personales.

¿Cómo fue? Complicada, pero no debido a las profesiones por sí mismas, sino a las personalidades de los integrantes.

Comunicación: Buena, el equipo compartió muchos momentos dentro y fuera del salón.

## **Cuestionario Lockheed Martin**

### **La corporación:**

- 1 ¿Con tus palabras, cómo describes a la corporación Lockheed Martin (LM)?
- 2 ¿Cuál crees que es el interés principal de LM en participar en estos proyectos?
- 3 ¿Visitar las instalaciones de otras corporaciones te pareció de ayuda para el proyecto? ¿por qué?
- 4 Si tuvieras que definir con una palabra el flujo de información entre LM y el equipo de diseño, ¿cuál sería y por qué?

### **El problema o tipo de proyecto:**

- 5 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto? Usa una sola palabra para cada término o una oración corta.

### **Los alumnos del ME310:**

- 6 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos? ¿cuáles son las ventajas y desventajas de participar en estos proyectos de diseño? ¿Cuales son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?

### **El equipo:**

- 7 ¿Cómo se formó? ¿Cómo debe ser la relación entre ingenieros y diseñadores? ¿Cómo fue? ¿Cómo es entre los alumnos de SU y la UNAM? ¿Cómo fue la comunicación y la relación dentro y afuera del ámbito de trabajo?

## Respuestas a cuestionario Lockheed Martin

### La corporación:

1 ¿Con tus palabras, cómo describes a la corporación Lockheed Martin (LM)?

**R1** Es una empresa dedicada a la investigación y desarrollo de alta tecnología, en la industria militar y aeroespacial.

**R2** Para mi es una empresa con gran importancia a nivel mundial por el tipo de proyectos que desarrolla, ya que no solo se dedica al desarrollo armamentista, sino también al desarrollo aeroespacial, área cuyo impacto es global.

2 ¿Cuál crees que es el interés principal de LM en participar en estos proyectos?

**R1** Obtener buenas ideas a un bajo costo. También creo que es probable que reciban algún beneficio por parte del gobierno de EUA al aportar proyectos a universidades.

**R2** Obtener ideas frescas de alumnos de maestría que por su formación pueden brindar una solución innovadora a un problema que este tipo de empresas suelen tener en su día a día.

3 ¿Visitar las instalaciones de otras corporaciones te pareció de ayuda para el proyecto? ¿por qué?

**R1** Si, permite al equipo conocer las tendencias en manufactura en ciertas industrias, adicionalmente, permite recibir información de expertos y conocer los problemas a los que se enfrentan día a día.

**R2** Si bien yo no participe en dichas actividades, sin duda considero que el hecho de visitar instalaciones de empresas que se relacionen con tu proyecto te da la oportunidad de ampliar tu visión sobre el problema e incluso te puede ayudar a desarrollar una idea que tenías en mente pero que no encontrabas como llevarla a cabo.

4 Si tuvieras que definir con una palabra el flujo de información entre LM y el equipo de diseño, ¿cuál sería y por qué?

**R1** Torpe. Debido a que la información no está abierta al público, es necesario que muchas personas aprueben que sea liberada, por lo que recibir algunos datos puede demorar varias semanas. Por otro lado, los Liaisons eran personas muy ocupadas, y el tiempo que dedicaban al proyecto era mínimo, usualmente se platicaba con uno de ellos cada semana, entonces era necesario explicarles cada semana los avances, lo cual reducía el tiempo efectivo de preguntas y respuestas nuevas.

**R2** Considero que en este caso se podrían manejar dos respuestas, ya que fue diferente el flujo de información entre el equipo de la Universidad de Standford (US) y LM, y el flujo entre la UNAM y LM. En cuanto al flujo entre US y LM considero que fue bueno pero pudo haber sido mejor si se hubieran mejorado los tiempos de entrega de información. Por otra la relación entre la UNAM y LM creo que ni siquiera podría considerarse que existió.

### **El problema o tipo de proyecto:**

5 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto? Usa una sola palabra para cada término o una oración corta.

**R1** Inciertas. Se tenía poca certidumbre del contexto y del éxito de las acciones realizadas por el equipo, debido a la discreción de las empresas que desarrollan este tipo de proyectos.

**R2** Ambigüedad: Total. Complejidad: Grande. Tema: Interesante y actual. Tipo de usuarios: Poco comunes. Relación con Usuarios: Casi nula. Experimentación: Casi nula, todo es empírico. Prototipado: Mucho y muy rápido. Oportunidades de diseño: Grandes, pero limitadas al común acuerdo del equipo.

### **Los alumnos del ME310:**

6.1 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos?

**R1** La experiencia que se obtiene al tener que resolver un problema junto con personas de una cultura e idioma diferente, así como aprender a lidiar con la responsabilidad de realizar un proyecto para un cliente real.

**R2** Sin duda el participar en este tipo de proyectos te deja muchos beneficios, que van desde la experiencia de la colaboración global, hasta la experiencia del trabajo multidisciplinario.

6.2 ¿cuáles son las ventajas y desventajas de participar en estos proyectos de diseño?

**R1** Ventajas: Presupuesto. Muchas cabezas piensan mejor que una. Un equipo de profesores con gran experiencia. Desventajas: Problemas de horario. Malentendidos debidos a la diferencia de idiomas.

**R2** Por otra parte las desventajas que pudiera ofrecer es que se requiere invertir mucho tiempo y esfuerzo para llevar a cabo de manera satisfactoria dichos proyectos.

6.3 ¿Cuáles son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?

**R1** Facilidad para comunicar ideas en inglés y español. Responsabilidad. Tolerancia.

**R2** Finalmente creo que cualquier alumno de ingeniería o diseño tienen la formación adecuada para participar en estos proyectos, sin embargo, quizás una característica que deben tener las personas que quieran participar en este tipo de materias, es el trabajo en equipo.

### **El equipo:**

#### 7.1 ¿Cómo se formó?

**R1** Por una selección hecha por los profesores a partir de actividades en las cuales los alumnos demostraron sus habilidades.

**R2** A ciencia cierta desconozco con base en que criterios los profesores arman un equipo de trabajo.

#### 7.2 ¿Cómo debe ser la relación entre ingenieros y diseñadores?

**R1** Creo que no deberían existir distinciones, al fin y al cabo todos están diseñando algo, la capacidad esta, solo se requiere la disposición de todos los miembros del equipo por dar su mejor esfuerzo y aceptar la generación de ideas en conjunto, no defender ciegamente las ideas personales. ¿Cómo fue? Complicada, pero no debido a las profesiones por sí mismas, sino a las personalidades de los integrantes.

**R2** En cuanto a la relación que hay entre ingenieros y diseñadores no es o no debiera ser diferente a la relación que existe entre cualquier otro equipo multidisciplinario de trabajo, por lo que es claro que siempre habrá diferencias y roces entre los integrantes del equipo, por el simple hecho de ser personas con puntos de vistas distintos.

#### 7.3 ¿Cómo es entre los alumnos de SU y la UNAM?

**R1** Nuevamente creo que depende de la personalidad, no de la escuela de origen, si no existe la disposición por parte de las personas para trabajar bien, será difícil terminar el proyecto de forma armónica.

**R2** La relación entre los alumnos de SU y la UNAM considero que siempre fue buena, pero hacen falta más actividades de integración para tener mejor resultados, ya que en mi experiencia me dio la impresión de que nunca nos integramos como equipo y que todo el tiempo trabajamos como 2 grupos distintos.

#### 7.4 ¿Cómo fue la comunicación y la relación dentro y afuera del ámbito de trabajo?

**R1** En general fue pobre, durante el trabajo y en los tiempos libres. Por lo general solo se trataban los temas relativos al proyecto y al finalizar cada miembro se retiraba a seguir con sus actividades personales.

**R2** En cuanto a las relaciones dentro y fuera del ámbito de trabajo, considero que siempre fueron de respeto y tolerancia, pero como en cualquier relación humana nos enfrentamos a roces por diferencia de ideologías o simples puntos de vista.

## Lockheed Martin Questionnaire

### The corporation:

1 In your own words, how do you describes Lockheed Martin (LM) Corporation?

2 Which do you think it is the main interest for LM to participate in these projects?

3 Did you find helpful for the project to visit other Corporations facilities? Why?

4 If you had to define the information flow between LM and the team with one word, which would it be? Why?

### The problem or type of project:

5 In your opinion, and in comparison to other projects, who do you describe the clarity, ambiguity, complexity, theme, type of users, relationship with users, experimentation, prototyping and design opportunities of your project? Use only one word or short sentence for describing each.

### The ME310 alumni:

6 Which are the benefits of participating? Which are the advantages and disadvantages of these design projects? What capacities need an alumnus for participating in these projects?

### The team:

7 How was it formed? How should the relationship between engineers and designers be? How was it? How is it between the SU and the UNAM an alumnus? Who were the communication and the relationship in and outside the work place?

## Answers to the Lockheed Martin questionnaire

### The corporation:

1 In your own words, how do you describes Lockheed Martin (LM) Corporation?

**R1** LM is a large company with many projects. Since several of its projects are for the government it has to be very careful to make each project perfect, so it tends to move slowly and carefully and be more focused on quality performance than creative innovation.

**R2** It's a big and systematic company producing military aero/astronautic crafts.

**R3** LM is a large, reputable, long-standing company.

2 Which do you think it is the main interest for LM to participate in these projects?

**R1** I think LM wants to decrease costs and realizes that a radical redesign in satellite manufacture might achieve this. They want fresh minds with a large creative focus and very little previous knowledge or preconceptions that might limit their design.

**R2** To trigger some innovative solutions that might be applicable in the future.

**R3** By participating in these projects, LM can get fresh ideas while benefiting the local community.

3 Did you find helpful for the project to visit other Corporations facilities? Why?

**R1** It was very helpful to visit Space Systems Loral to learn more about satellites and their manufacture. I didn't find it very helpful for the project to visit the airport in Mexico City since it wasn't directly related to satellite manufacture.

**R2** Yes, I believe so, though I didn't have chance to visit other satellites companies, I think the aircraft maintenance company helped me to get a better understanding of the design/manufacturing background of a complicated huge vehicle.

**R3** Yes. Visiting other companies in similar industries provided a good comparison to the main sponsor company.

4 If you had to define the information flow between LM and the team with one word, which would it be? Why?

**R1** Thrown. Because the information was "thrown over the wall" each week, so to speak—questions were asked and answered, but often the intent behind the questions wasn't discovered until much later.

**R2** Inefficient.

**R3** Challenging. There was a lot of information that specific people know, but those specific people were not always immediately available to answer questions due to their busy schedules. However, when they were available, they answered the questions very well and very thoroughly.

**The problem or type of project:**

5 In your opinion, and in comparison to other projects, how do you describe the clarity, ambiguity, complexity, theme, type of users, relationship with users, experimentation, prototyping and design opportunities of your project? Use only one word or short sentence for describing each.

**R1** Clarity: fairly high and increased as time went on. Ambiguity: Lots at the beginning, less at the end. Complexity: very high, a systems level project with lots to consider. Theme: not sure. Type of users: not as crucial to this project as to other projects—more of an engineering project than a product design. Relationship with users: we had very little. Experimentation: we didn't do much. Prototyping: we did a lot of this and it was very helpful. Design opportunities: the design opportunities were limited since this is a highly technical field that has been studied a lot.

**R2** Clarity: it became clearer and convergent as project went on. Ambiguity: Not very much, lots of restrictions. Complexity: Very. Theme: packaging redesign. Type of users: satellite manufacturers. Relationship with users: users should have been more connected/interviewed. Experimentation: not very realistic. Prototyping: not very realistic. Design opportunities: a lot, but in lack of design tools.

**R3** The LM project was very complex, since it involved understanding the entire process of designing and manufacturing a large satellite. The type of user was very specific, so it was more challenging to get user feedback on the design. Prototyping could not be done in full scale, and real materials were too expensive, so that provided additional challenges.

**The ME310 alumni:**

6 Which are the benefits of participating? Which are the advantages and disadvantages of these design projects? What capacities need an alumnus for participating in these projects?

**R1** This course forces you to learn to work with a team without a clear authority structure or clear goal. The advantage is that this may be how you'll have to work in the real world; the disadvantage is that it's stressful and time consuming.

**R2** I have learnt to share and listen to ideas from interaction with teammates and other connections, and thus have had many friends too.

Advantages: I've broadened my view and enriched lots of design knowledge. I didn't had chance to work with a company before ME310, so it was my first time to experience the whole process.

Disadvantages: I had to do satellites related project, which was not my interest, although I liked to work with my teammates.

**R3** Alumni who participate in ME310 get to help the next generations of ME310 students by sharing their personal design thinking experience and providing guidance and useful contacts for resources. They also get to follow an interesting project idea from start to finish through coaching new ME310 teams.

### **The team:**

7 How was it formed? How should the relationship between engineers and designers be? How was it? How is it between the SU and the UNAM an alumnus? Who were the communication and the relationship in and outside the work place?

**R1** It was formed by separate teams choosing each other and picking favourite projects, which were then picked by the teaching teams. Engineers and designers should divide work but maintain communication, which I think we did a good job of. It went well for the most part between SU and UNAM, and communication was mostly school related.

**R2** Within Stanford division, we had several trials of small projects with random assignment of teammates, and we had our choice to figure out who you would like to work with at last. The global team was assigned in a way I don't know. =]  
We haven't defined our role in the project, but we have designers more involved in designing problems and engineers more involved in engineering problems. For the most of the time, it was a merge.

We communicated a lot through email and skype. Although there were some delay and misunderstanding to transform information, it generally worked well. Lockheed Martin, Tteam and coaches were the main communication channel we had.

**R3** The Stanford sub-group was self-formed after getting to know classmates and working with different people on small projects. The sub-groups from the two schools were then assigned based on the project.

The relationship between engineers and designers should include constant communication of ideas for best collaborative designing.

## Cuestionario para profesores

- 1 ¿Que tipo de corporaciones son Lockheed Martin (LM) y Mabe, cómo las defines?
- 2 ¿Cuáles son los intereses de LM y de Mabe en participar en estos proyectos?
- 3 Define con una palabra (tanto para Mabe como LM), ¿cómo fue el flujo de información entre el equipo y la corporación correspondiente?
- 4 ¿En qué ayuda visitar las instalaciones de una corporación?
- 5 ¿Es importante que la empresa conozca el proceso de diseño? ¿Por qué?
- 6 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto? Usa una sola palabra o una oración corta para cada término.
- 7 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos para los alumnos? ¿cuáles son las ventajas y desventajas? ¿Cuáles son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?
- 8 ¿Cuáles son los beneficios para la UNAM y los profesores?

## Respuestas a los cuestionario para profesores

1 ¿Que tipo de corporaciones son Lockheed Martin (LM) y Mabe, cómo las defines?

**R1** De vanguardia las mejores de su tipo a nivel global.

**R2** Corporaciones líderes a nivel mundial en sus respectivos ramos.

**R3** Empresas privadas, grandes por su número de empleados y ventas. Clase mundial por contar con procesos y productos que se pueden catalogar como innovadores y porque venden sus productos a otros países o éstos son de alta tecnología.

2 ¿Cuáles son los intereses de LM y de Mabe en participar en estos proyectos?

**R1** LM exentar impuestos y usarlos en conocer que se hace en la academia e incluso y curiosidad de conocer nuevos métodos de diseño, para Mabe es el vincular con la academia, aprovechar apoyo de conacyt, contactar gente joven para que ingrese a Mabe, explorar nuevos conceptos de diseño.

**R2** Obtener prestigio internacional al asociarse con universidades líderes en el mundo. Prestigiarse promoviendo y desarrollando proyectos prospectivos con la academia. Aprovechar la capacidad creativa y de innovación que ofrece el trabajo con equipos interdisciplinarios. Desarrollar proyectos difíciles de realizar dentro de sus empresas: Por restricciones de corto plazo, o que. En caso de subcontratar con consultores privados pueden resultar económicamente onerosos y limitados. Captar valiosos recursos humanos.

**R3** Obtener conceptos de innovaciones que puedan incorporar a sus procesos cotidianos o a productos futuros.

3 Define con una palabra (tanto para Mabe como LM), ¿cómo fue el flujo de información entre el equipo y la corporación correspondiente?

**R1** Mabe interesada, LM no interesada.

**R2** Complicado.

**R3** Mabe - constante. LM - escaso.

4 ¿En qué ayuda visitar las instalaciones de una corporación?

**R1** Sentir en carne propia la magnitud, tipo de trabajo, interés, tecnología, tamaño de la corporación.

**R2** En entender sus esquemas de organización, conocer sus recursos y procesos de trabajo, visualizar sus fortalezas y posibles limitaciones, visualizar posibles oportunidades de innovación y conocer sus proyectos de corto plazo.

**R3** Se conoce personal relacionado con el proyecto con quien interactúan los liaisons; se obtiene información de otros productos, de procesos y personas relevante para el proyecto; el visitar la empresa facilita el entendimiento de sus valores y su cultura.

5 ¿Es importante que la empresa conozca el proceso de diseño? ¿Por qué?

**R1** Es parte de la intensión de la empresa el conocer nuevo conocimiento emanado de las universidades.

**R2** Si, por conocer otras maneras de abordar los problemas. Si, para estar en sintonía con el equipo externo (UNAM) que desarrolla el proyecto (objetivos, tiempos, metodología, alcances, etc.)

**R3** Participa en forma activa en él, entiende los resultados que se le reportan y la importancia de su interacción con el equipo, ajusta sus expectativas de alcances y resultados del proyecto.

6 En tu opinión y en comparación a otros proyectos, ¿cómo describes la claridad, ambigüedad, complejidad, tema, tipo de usuarios, relación con usuarios, experimentación, prototipado y las oportunidad de diseño en el proyecto? Usa una sola palabra o una oración corta para cada término.

**R1**

Mabe  
Ambigüedad: fácil de entender.  
Complejidad: adecuada para el curso.  
Tema: producto innovador.  
Tipo de usuarios: /  
Relación con usuarios: abierto.  
Experimentación: con usuarios.  
Prototipado: sencillo.  
Oportunidades de diseño: abiertas.

LM  
Ambigüedad: muy difícil de entender.  
Complejidad: elevada para el curso.  
Tema: sistema mecánico.  
Tipo de usuarios: /  
Relación con usuarios: difícil.  
Experimentación: totalmente mecánico.  
Prototipado: complejo.  
Oportunidades de diseño: abiertas.

**R2**

Mabe  
Ambigüedad:  
Acertada por el tema tan abierto.  
Complejidad:  
Alta, por la cantidad de variables y por proponer el uso de tecnologías aún en desarrollo.  
Tema: Abierto y difuso.  
Tipo de usuarios:

LM  
Ambigüedad:  
Inexistente por tema muy específico.  
Complejidad:  
Alta, por el número de variables y por la dificultad de acceso a las tecnologías usadas por la empresa.  
Tema: Muy concreto.  
Tipo de usuarios:

Jóvenes inexpertos.  
 Relación con usuarios:  
 Fácil con amigos inexpertos.  
 Experimentación,  
 Fácil, por la posibilidad de simular  
 situaciones con usuarios.  
 Prototipado: Se simularon ciertos  
 materiales y tecnologías.  
 Oportunidades de diseño:  
 Muy amplias.

Técnicos especializados.  
 Relación con usuarios:  
 Inexistente con usuarios reales.  
 Experimentación:  
 Limitada por falta de información  
 técnica  
 Prototipado: Se simularon ciertos  
 materiales y tecnologías.  
 Oportunidades de diseño:  
 Limitadas.

### **R3**

Mabe  
 Ambigüedad:  
 De acuerdo a otros proyectos.  
 Complejidad: adecuada para el curso.  
 Tema: interesante, cotidiano.  
 Tipo de usuarios: público en general.  
 Relación con usuarios: permanente.  
 Experimentación: adecuada.  
 Prototipado: muy bueno.  
 Oportunidades de diseño: amplias.

LM  
 Presente hasta el fin  
 Adecuada para el curso  
 Especializado, relacionado cn producto  
 Técnicos especializados. Relacionado  
 con proceso.  
 Escasa  
 Poco efectiva  
 Limitado  
 Amplias

7 ¿Cuáles son los beneficios de participar en estos proyectos para los alumnos? ¿cuáles son las ventajas y desventajas? ¿Cuáles son las capacidades que requiere tener un alumno para participar en ellos?

**R1** Diseño real, en equipo, multidisciplinario, ambiguos, métodos de diseño reales, no recetas de cocina.

Ventajas: Alta motivación para el alumno. Desventajas: altos costos para el tipo de educación de la UNAM.

Capacidades: Interés, motivación e ingles.

**R2** Ventajas: Ideas frescas e innovadoras, abundancia de ideas, menos tensión individual, responsabilidad compartida, diversidad de puntos de vista, mayor calidad de trabajo, reducción de tiempo de respuesta y exaltación del compañerismo.

Desventajas: Responsabilidad diluida, riesgo de dominio de opinión, riesgo de división del equipo, indiferencia u hostilidad de algún integrante y discusión de temas sin importancia.

Capacidades: Ser responsable, emprendedor, asumir riesgos, ser creativo, proactivo, flexible para trabajar en equipo y apto para entender a “los otros” y tener dominio del “oficio” de su disciplina y del idioma inglés.

**R3** Aprender un proceso de innovación de productos, métodos y técnicas. Adquirir habilidades para colaboración en equipo, multidisciplinaria, a distancia y con otra cultura. Contacto con otra escuela. Experiencia de trabajo con una empresa. Experiencia en el desarrollo de una innovación tecnológica. Posibilidad de publicación. Proyecto para titulación u obtención de grado. En conjunto: conocimientos, experiencia y habilidades útiles para trabajo futuro y valoradas por posibles empleadores, posibles escuelas para continuar estudios o para emprender proyectos propios. Se proporciona espacio de trabajo y recursos para ejecutar proyecto, otorgamiento de créditos académicos con altas calificaciones, asesoría directa de varios profesores, contacto con compañeros de otras disciplinas y escuelas, viajes, práctica del inglés.

Desventajas: Tiempo necesario para el proyecto, recursos no fluyen en forma adecuada, problemas con la personalidad o cultura de otros integrantes, limitaciones en antecedentes o conocimientos, dificultades por trabajo en otro idioma, necesidad de ajustar tiempo de trabajo en otros cursos y actividades. En ocasiones se aportan recursos propios al proyecto.

Habilidades y disposición para trabajar en equipo, saber responder bajo presión, buen nivel académico y técnico, capaz de organizar trabajo propio, organizado, responsable y cumplido, buen nivel de inglés.

8 ¿Cuáles son los beneficios para la UNAM y los profesores?

**R1** Vincular con el exterior, trabajo con las mejores universidades, y estar en posibilidades de generar conocimiento entre pares a nivel mundial.

**R2** Para la UNAM: asociarse con las mejores universidades del mundo, contar con socios corporativos que apoyen este tipo de proyectos, vincular academia e iniciativa privada, incluir la visión empresarial en el modelo de enseñanza-aprendizaje, desarrollar proyectos de vinculación multidisciplinaria asociando además, licenciaturas y posgrados y fomentar una visión holística de la enseñanza-aprendizaje. Para los profesores: fomentar una visión holística de la enseñanza-aprendizaje, conocer y aplicar nuevos enfoques, modelos y metodologías derivados del trabajo multidisciplinario y multicultural, fomentar el aprendizaje basado en saber plantear y solucionar problemas, ampliar horizontes y expectativas académicas, poder aportar dichos aprendizajes al interior de sus respectivos centros académicos y mejorar el currículo personal.

**R3** Alineado con objetivos y funciones, colaboración con universidades y empresas relevantes, formación de alumnos, experiencia en proyectos, experiencia con proceso y métodos de ingeniería de diseño, autocuestionamiento, prestigio.