

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

TESIS PROFESIONAL VW CONVERTIBLE

IMÁGEN DE PORTADA : HEIKKI JUVONEN

CIDI . FACULTAD DE ARQUITECTURA 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# VW CONVERTIBLE

Experiencia académica del proyecto realizado en alianza con alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y de la Universidad de Stanford

Tesis Profesional que para obtener el Título de Diseñadora Industrial presenta:

**Gladis Abril Arroyo Durán**

en colaboración con: Marco Antonio Lobato Fregoso

**Con la dirección de:**

**D.I. Alberto Vega Murguía**

**y la Asesoría de:**

**D.I. Héctor López Aguado Aguilar**

**M.D.I. Luis Equihua Zamora**

**Dr. Adrián Espinosa Bautista**

**Dr. Víctor Javier González Villela**

Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido previamente presentado en otra Institución Educativa. Autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.



CIUDAD UNIVERSITARIA 2009

  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE DISEÑO INDUSTRIAL**

Facultad de Arquitectura UNAM

**Coordinador de Exámenes Profesionales  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE**

**EP 01** Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno






NOMBRE **ARROYO DURAN GLADIS ABRIL** No. DE CUENTA **300693810**

NOMBRE DE LA TESIS **VW Convertible**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día	de	de	a las	hrs.
--	----	----	-------	------

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
 Ciudad Universitaria, D.F. a 9 febrero 2009

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. ALBERTO VEGA MURGUIA	
VOCAL DR. ADRIAN ESPINOZA BAUTISTA	
SECRETARIO D.I. HECTOR LOPEZ AGUADO AGUILAR	
PRIMER SUPLENTE M.D.I. LUIS EQUIHUA ZAMORA	
SEGUNDO SUPLENTE DR. VICTOR JAVIER GONZALEZ VILLELA	

---

**ARQ. JORGE TAMÉS Y BATTA**  
 Vo. Bo. del Director de la Facultad

## AGRADECIMIENTOS

**A MI FAMILIA**, por brindarme apoyo absoluto durante esta etapa formativa.

**A mi padre**, por ser una excelente persona en la que me puedo apoyar para seguir creciendo intelectualmente y por la motivación que genera para seguir adelante.

**A mi madre**, por su gran ayuda incondicional, por la enérgica fuerza que la mantiene siempre en alto y la enorme alegría que transmite.

**A mis hermanos**, por compartir esta trayectoria mostrando un interés genuino y por brindarme un extraordinario cariño fraternal.

FRANCISCO . GLADIS . ERIKA . ABNER

**A MIS PROFESORES**, por la dedicación y el tiempo brindado para transmitir su experiencia profesional y por el apoyo activo a proyectos de esta índole que crean oportunidades extraordinarias y generan nuevos conocimientos, manteniendo a los alumnos, profesores y a la escuela misma, en un nivel académico actualizado.

ALBERTO . HÉCTOR . LUIS . ARTURO . VICENTE . ADRIÁN . ALEJANDRO  
VÍCTOR . SAÚL . JORGE . MARTA

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**, por recorrer juntos el mismo camino, por la gran amistad que seguimos llevando, por la retroalimentación que compartimos durante estos años para mejorar como alumnos y por alentarnos para el desarrollo de una carrera profesional exitosa.

DIANA . AGUSTÍN . MARCO . MIGUEL . TOMÁS . MARTIN DANIEL  
HEIKKI . ANDREW

El proyecto de la presente tesis se realizó gracias al intercambio académico efectuado entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Stanford 2007-2008. La participación del equipo multidisciplinario conformado por dos alumnos de maestría en Ingeniería Mecánica - de Stanford-, un alumno de Diseño Industrial -de Helsinki-, dos alumnos de Mecatrónica y dos de Diseño Industrial -de la UNAM-, permitió el desarrollo de un prototipo funcional como solución a los requerimientos específicos del concepto “Convertible Virtual”, propuesto por la compañía Volkswagen de América, quien fungió como cliente real.

### **OBJETIVO:**

Desarrollar un sistema virtual, dentro de un automóvil convencional, que recree la experiencia multisensorial que se vive al manejar un automóvil convertible.

### **CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO:**

El producto trabaja gracias a un sistema desarrollado para obtener información específica del ambiente exterior del automóvil, generando visualizaciones en una pantalla implementada en el techo interior de un GTI Volkswagen.

### **VENTAJAS:**

Con el sistema se eliminan los factores no deseados que se tienen al manejar un auto convertible y se captura una experiencia virtual dentro del ambiente seguro de un automóvil convencional; a la vez, se genera un sistema que puede ser personalizado con diferentes animaciones.





INICIO PROYECTO  
UNAM- STANFORD

24 SEP

LANZAMIENTO WOCKET

27SEP

JUEGO DE POLO EN  
BICICLETAS DE CARTÓN -LINAM

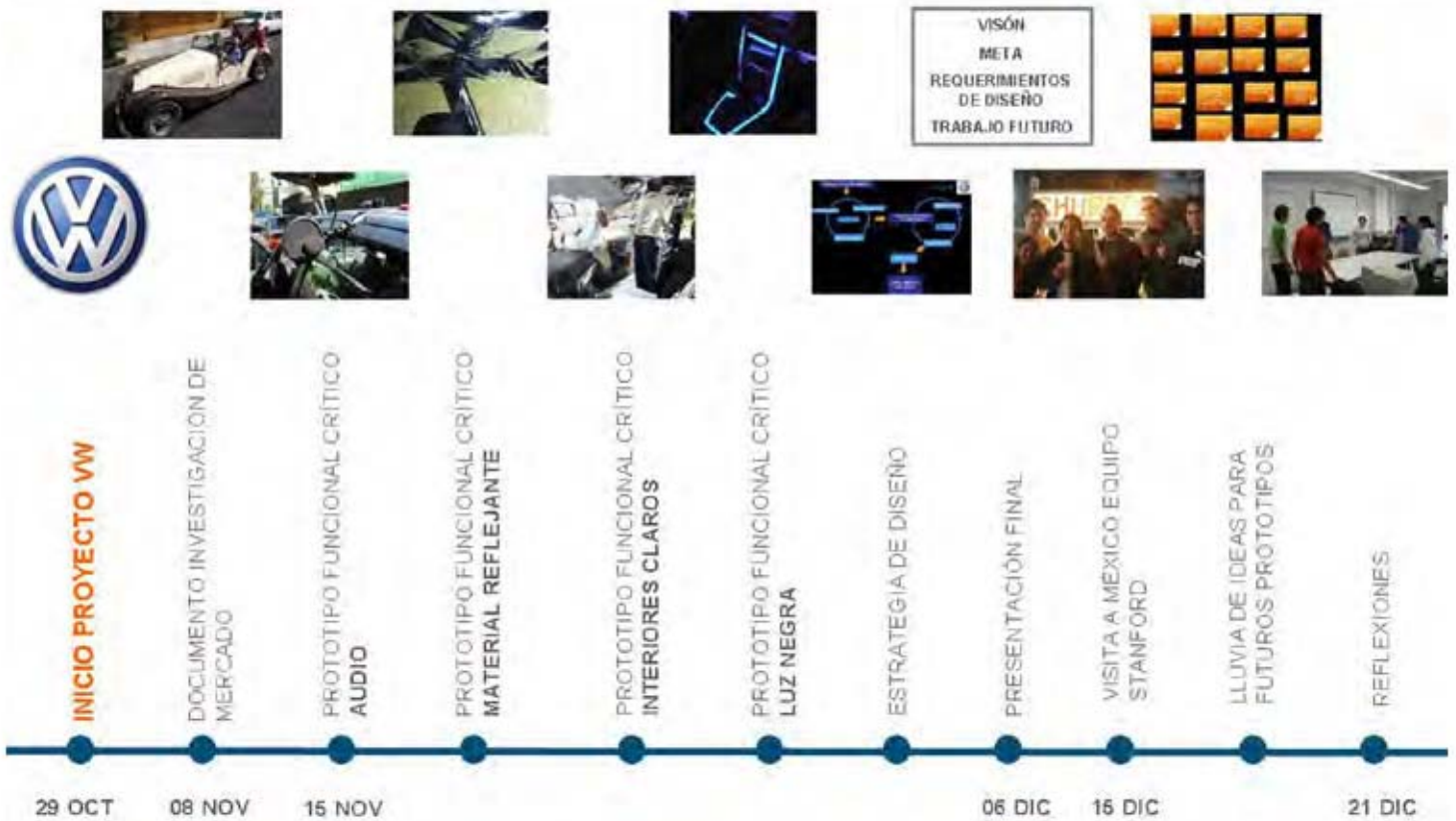
12 OCT

DOCUMENTACIÓN BICICLETA  
DE CARTÓN

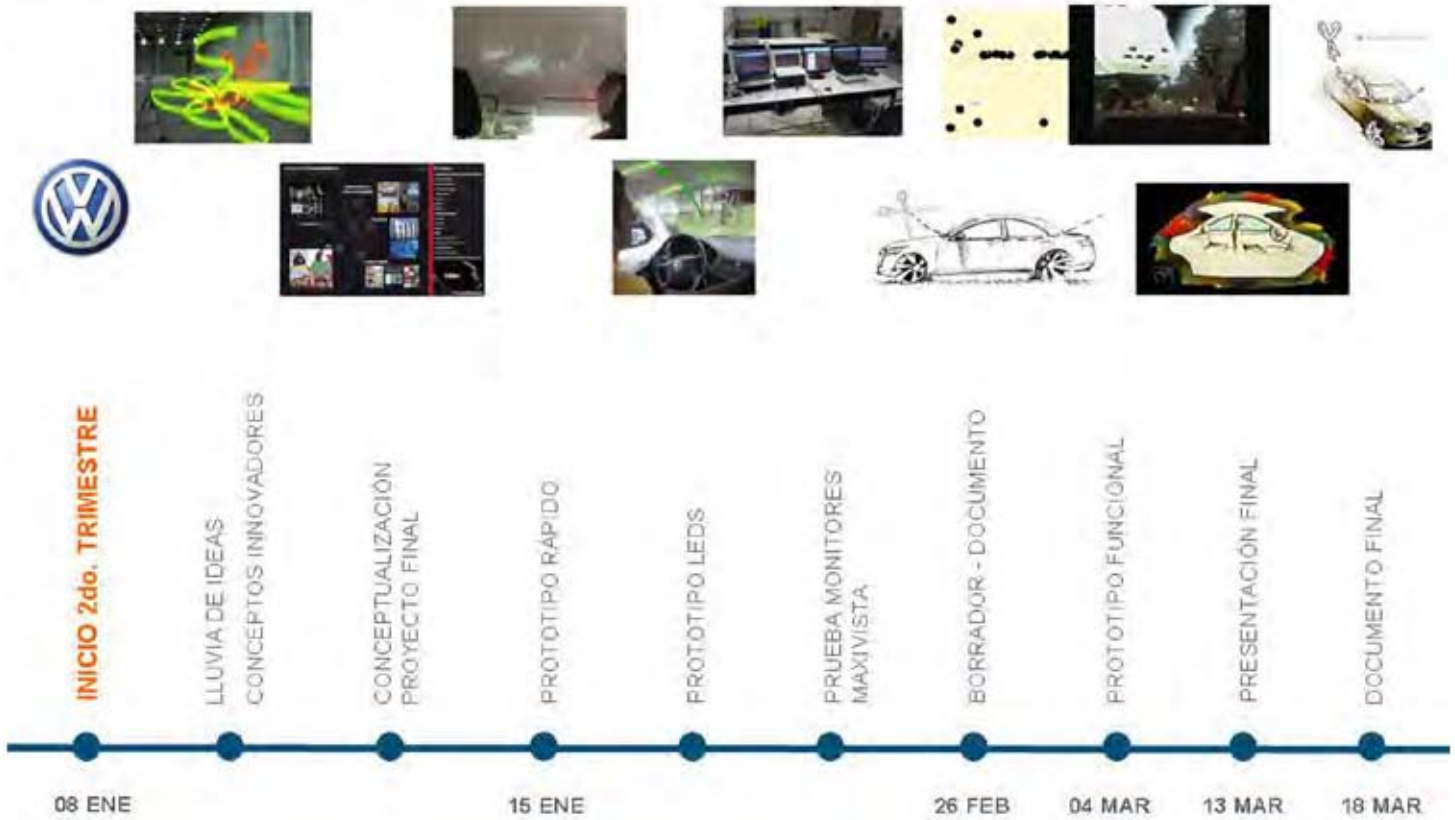
19 OCT

1ra VISITA A STANFORD.  
ENTREGA BICICLETA DE CARTÓN  
JUEGO DE POLO GLOBAL

28 OCT









INICIO 3er TRIMESTRE

CONTRATO DE ENTREGA DEL SISTEMA FINAL

DESARROLLO DEL SISTEMA SOFTWARE Y HARDWARE

2da VISITA A STANFORD

MONTAJE DEL SISTEMA

PRESENTACIÓN EJECUTIVA

FERIA DE DISEÑO - EXPE-

DOCUMENTO FINAL

01 ABR

05 MAY

08 MAY

11 MAY

12 MAY

5 JUN

5 JUN

10 JUN

<b>Presentación</b>	15
<b>Introducción</b>	17
<b>Metodología de Diseño</b>	19
<b>1 Presentación del proyecto</b>	25
<b>2 Contexto</b>	27
2.1 Planteamiento del problema	27
2.2 Equipo de Diseño	28
<b>3 Requerimientos de diseño</b>	31
<b>4 Desarrollo de Diseño</b>	34
4.1 Antecedentes	34
4.2 Benchmarking convertibles	34
4.3 Benchmarking tecnología	39
4.4 Prototipos	46
4.5 Benchamarking	62
4.6 Prototipo Final	74
<b>5 Gestión del proyecto</b>	75
5.1 Introducción	75
5.2 Presupuesto	75
5.3 Plan de Trabajo	77
5.4 Gestión de los recursos del equipo	78
5.5 Gestión de los recursos humanos	79
<b>6 Aprendizaje</b>	82
<b>Conclusiones</b>	90
<b>Glosario</b>	94
<b>Anexo</b>	97
<b>Fuentes de Información</b>	98

## PRESENTACIÓN

Este documento de tesis tiene la particularidad de ser un trabajo de documentación realizado con otra metodología a la efectuada comúnmente en las tesis del Centro de Investigaciones en Diseño Industrial de la UNAM. El presente trabajo hace referencia a las conclusiones personales pertinentes a la experiencia académica en la Universidad de Stanford y a la documentación elaborado durante la experiencia académica del curso ME310 2007-2008 de la Universidad de Stanford, los resultados del proyecto realizado se mantienen intactos. La información y el contenido de la documentación final es propiedad de la empresa Volkswagen of América, de la Universidad de Stanford y de la UNAM, la cual es estrictamente confidencial dada la susceptibilidad de patente del proyecto; protegiendo así la inversión y oportunidad de negocio de la empresa patrocinadora del proyecto.

El proyecto realizado cuenta con la complejidad requerida por el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial; cubriendo todos los requerimientos de un proyecto documentado. Enfocado al desarrollo e implementación de un concepto en un prototipo funcional, el proyecto tiene la cualidad de haber sido realizado para una empresa real con requerimientos reales; además dada la naturaleza del curso; aprendiendo un nuevo método de diseño con un enfoque tecnológico, buscando como objetivo final hacer de los participantes, profesionistas experimentados en proyectos interdisciplinarios con capacidad para ser líderes de proyectos globales. De esta manera la UNAM se pone a la vanguardia, innovando en las herramientas académicas que los alumnos requieren en su formación profesional para enfrentarse al mundo global, complementando las bases de su formación, introduciéndolo a la realidad profesional del país y del mundo.

# INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis se refiere a la experiencia académica del convenio entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Stanford de Estados Unidos de América para realizar un intercambio académico de estudiantes del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

Dicho intercambio consistió en atender a una clase de maestría de ingeniería mecánica llamada ME310, la cual tiene una duración de 9 meses divididos en 3 periodos, el Periodo de Otoño, de septiembre a diciembre; el Periodo de Invierno, de enero a marzo; y el Periodo de Primavera, de abril a junio.

Una de las características principales que distinguen a este curso es la participación a nivel global, en donde se invitan a universidades de diferentes países para colaborar con estudiantes de Stanford y desarrollar un proyecto común.

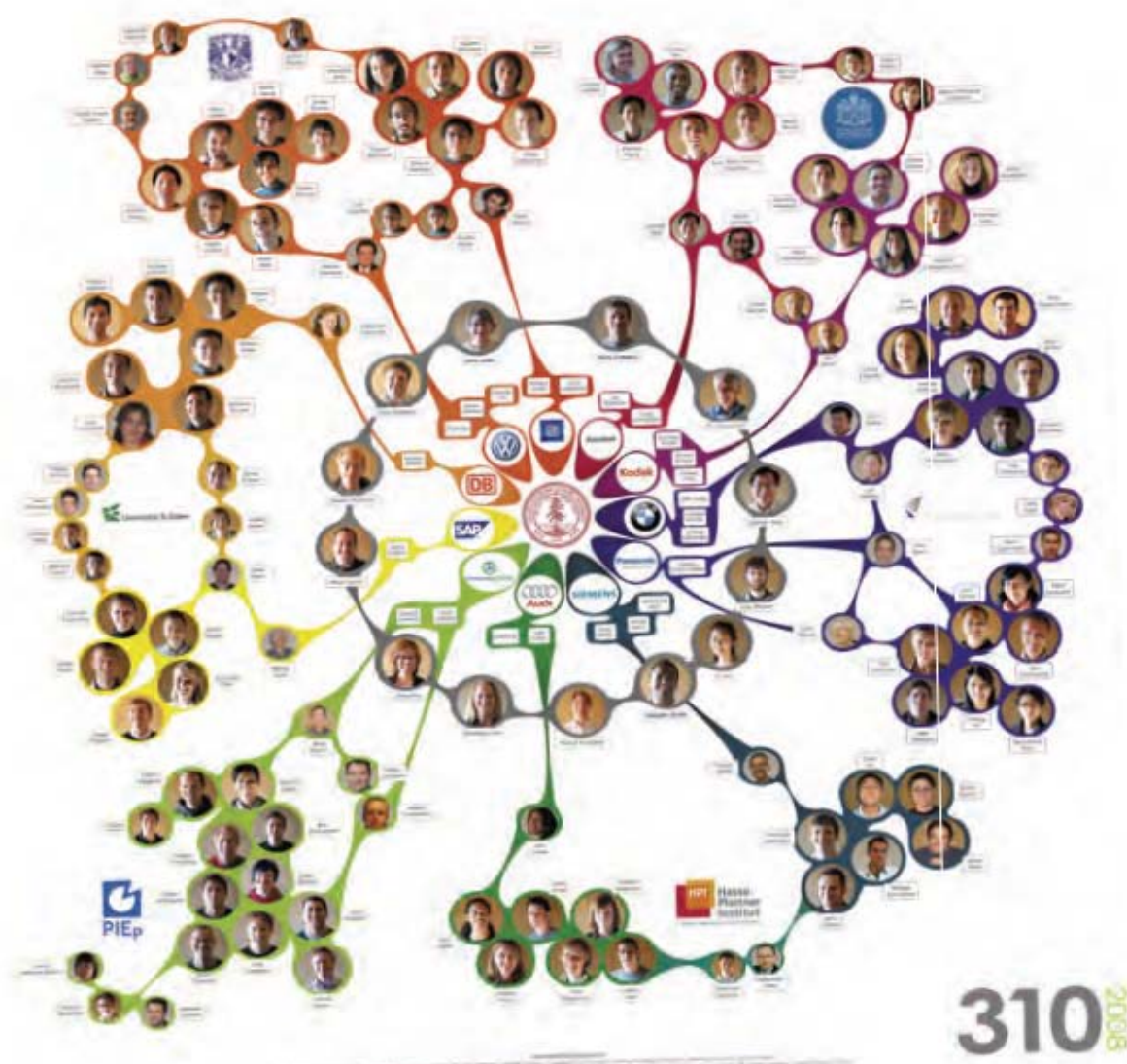
Durante el curso ME310 2007-2008 participaron la Universidad Nacional Autónoma de México; de Colombia: la Pontificia Universidad Javeriana; de Finlandia: La Escuela de Economía de Helsinki, la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki y la Universidad de Tecnología de Helsinki; de Suecia: Luleå Tekniska Universitet - Kungliga Tekniska Högskolan - Lunds Tekniska Högskola; de Suiza: Universität St. Gallen; y de Alemania: Hasso Plattner Institut.

Una de las técnicas de desarrollo del proyecto es que se realiza a distancia, es decir, los estudiantes globales trabajan en su propia universidad colaborando con los integrantes de Stanford por medio de sistemas globales intercomunicados, como Internet, y con visitas acordadas a la Universidad de Stanford para el inicio del proyecto y la conclusión del mismo.

Otro aspecto importante de ME310 es la diversidad de disciplinas que participan en el proyecto, por lo que se vuelve un curso en donde se promueve la colaboración multidisciplinaria. Algunas de estas disciplinas son, ingeniería mecánica, mecatrónica, diseño industrial y comunicación.

El objetivo principal es desarrollar un proyecto, a lo largo de todo el curso, propuesto por diferentes compañías, siendo estas, los clientes que requieren soluciones innovadoras a problemas específicos. Es así como el curso toma un carácter corporativo, instruyéndoles a los alumnos una experiencia profesional.

Las compañías participantes de este periodo fueron Volkswagen, General Motors, Autodesk, Kodak, BMW, Panasonic, Siemens, Audi, Immerse Global, SAP y DB.



**310** 2008

El objetivo principal del curso ME310 es compartir, comprender y desarrollar las técnicas de trabajo, representando un reto para nuestra profesión debido a la necesidad de desarrollo de un proyecto en conjunto con otras disciplinas y al mismo tiempo constituye una fuerte experiencia laboral por transmitir ideas claras y precisas tomando en cuenta diversos factores, como el trabajo en equipo a distancia.

El enfoque de la presente tesis es conocer la metodología de diseño con la que se trabaja en la Universidad de Stanford a partir de una disciplina diferente a la de diseño industrial y el poder aplicar estrategias de trabajo para complementar ambas disciplinas recíprocamente.

El proceso de trabajo está orientado a desarrollar proyectos específicos a través de la experimentación física y analítica.

Los primeros dos proyectos estuvieron dirigidos a la integración de los equipos globales. La primera tarea fue realizar dos cohetes de propulsión con agua entre los ocho alumnos de la UNAM, donde se buscó la integración entre todos los integrantes mexicanos (Figura 1).

El segundo proyecto se realizó en dos equipos, integrados por dos ingenieros y dos diseñadores. El desarrollo del ejercicio consistió en el diseño de una bicicleta de cartón con requerimientos de diseño específicos. El resultado del proyecto fue utilizar el producto final en un tradicional juego de polo del curso ME310 donde compiten todos los equipos globales en la primera vista a la Universidad de Stanford (Figura 2)



Figura 1: Integración del equipo de la UNAM a través del ejercicio de cohetes a propulsión de agua.



Figura 2. Juego tradicional de polo con bicicletas de cartón en la Universidad de Stanford.

El desarrollo principal se realiza a través del planteamiento de un proyecto de una compañía específica. En este caso, Volkswagen de América generó el concepto de un convertible virtual con requerimientos y especificaciones concretas.

El proceso de diseño se elaboró a partir de investigaciones y tareas claras que se debían entregar en determinadas fechas, llevando así un control, organización y análisis de todo el proyecto.

La técnica de trabajo se da a partir de una lluvia de ideas para generar diversos conceptos y palabras claves entre todos los integrantes del equipo. Después se realiza una investigación profunda en torno al producto que se desarrolla, llamada benchmarking (Figura 4), donde están incluidos los estudios de mercado, experiencias del usuario, análogos y homólogos del producto. A continuación se realizan diversos prototipos en diferentes niveles de función, como por ejemplo, experimentación con materiales, probar diferentes sensaciones físicas en el usuario, comprobar dimensiones, etc. (Figuras 5,6 y7) Otro aspecto de estos prototipos es generar un aprendizaje continuo en los estudiantes, con los cuales se generan nuevas lluvias de ideas intensificando la investigación en torno al proyecto, creando así un sistema de trabajo cíclico en donde todas las etapas se complementan.

La documentación es un recurso de gran importancia dentro del curso, puesto que es a través de la información escrita donde se detalla el trabajo realizado durante todo el proceso de diseño. Se publican tres documentos a final de cada periodo como entrega final.





Figura 3: Primera visita a la Universidad de Stanford



Figura 4: Benchmarking



Figura 5: Prototipo de Función Crítica



Figura 6: Prototipo "Dark Horse"

Otro factor importante en la técnica de trabajo es la comunicación entre el equipo. El avance del proyecto se presentó a través de diferentes reuniones de trabajo. Algunas reuniones ocasionales se establecieron entre el equipo, los profesores y los clientes (Volkswagen) para determinar y concretar ideas según las especificaciones del proyecto. Las reuniones entre los profesores y el equipo eran semanales y servían para explicar y ejemplificar las ideas del desarrollo del proyecto (Figura 7). Mientras que las reuniones del equipo eran constantes debido al factor de trabajar en equipo a distancia. Se utilizaron herramientas de comunicación virtual, gráficas y visuales como mensajería instantánea, correo electrónico, fotografías, carteles, diagramas, dibujos y sistemas de tele conferencias para compartir y comprender las aportaciones del proyecto de todos los integrantes del equipo (Figuras 8 y 9).



Figura 7: Reuniones de trabajo



Figura 8: WIKI. Herramienta virtual del curso ME310.



Figura 9: Tele conferencias.

Como conclusión del curso ME310 se desarrolla un prototipo final entre todos los integrantes del equipo en la segunda visita a la Universidad de Stanford con el fin de consumir el proyecto a través de una feria de difusión, llamada Stanford Design EXPE, a la cual asisten profesores y estudiantes de diversas carreras de Stanford, los profesores de las universidades participantes y los representantes de las diferentes compañías involucradas en donde se exponen todos los proyectos realizados. Dicha feria consiste en las presentaciones ejecutivas de todos los proyectos y se exhiben los prototipos funcionales en diferentes espacios ambientados para demostrar y explicar a los asistentes la función práctica de los productos finales.

# 1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Existen muchos atributos que caracterizan la experiencia de conducir un convertible, como lo son: El viento corriendo por la cabina, los sonidos y olores de los alrededores y la amplia visibilidad hacia el exterior. Además de lo provocativo que es verse dentro de este tipo de automóvil.

Extrapolando esta experiencia, el equipo VW desarrolló el sistema Borealis, capturando la placida experiencia de manejo de un convertible, dentro del ambiente seguro y práctico de un automóvil convencional.

El equipo VW fue conformado por tres alumnos de la Universidad de Stanford, universidad anfitriona del proyecto y por cuatro estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) conformando el equipo global.

El estilo de vida del convertible es considerado aunque emocionante, algunas veces impráctico. El clima de California permite el uso de estos automóviles la mayor parte del año sin inconvenientes, sin embargo en muchas partes del mundo no es así, dadas las cambiantes condiciones del clima, las temporadas de lluvia y nieve que impiden el uso frecuente del automóvil sin capota. Otros inconvenientes encontrados son la limitación de espacio de almacenamiento en la cajuela y espacio para los pasajeros traseros, además de la fatiga del conductor al manejar con el viento golpeándolo cuando se maneja a alta velocidad.

Las soluciones actuales para integrar la experiencia de un convertible a un vehículo convencional constan de quema-cocos o techos transparentes, que generalmente son soluciones pasivas que no se adaptan a las condiciones del exterior del vehículo. Es más, estas generalmente solo están enfocadas a jugar únicamente con el sentido del tacto y de la vista, cuando es un hecho que la experiencia completa del convertible involucra todos los sentidos. Por ejemplo: Un quema-cocos no se cierra automáticamente cuando comienza a llover y solo permite la visión de lo que pasa sobre el auto y permite la entrada del aire dirigida a la cabeza del conductor. Así el equipo ve en estas soluciones pasivas enfocadas únicamente al sentido del tacto y de la vista, una oportunidad para mejorar la experiencia de manejo, usando la tecnología para el desarrollo de una solución activa (Figura 1.1).



Fig.1.1 El sistema Borealis montado en el vehículo.

Para encontrar las ventajas y desventajas de los automóviles convertibles, el equipo llevó a cabo la investigación de las soluciones actuales. Distintos convertibles fueron probados para definir por medio de la observación y experimentación directa, las sensaciones deseables y no deseables de la experiencia de utilizar un convertible. Así como los aspectos que la conforman. Para hacer el desarrollo del concepto, el equipo delimitó y jerarquizó las sensaciones que comprenderían el enfoque para la exploración del proyecto, siendo estas el viento, visibilidad, luz, ambiente exterior y sonido. De estas sensaciones se decidió que el incremento de la visibilidad por medio del uso de la estimulación de la visión periférica contaba con el mayor potencial para desarrollar mejoras. Así, utilizando el techo del vehículo, que confina a los pasajeros a un habitáculo cerrado, como lienzo, se dio vida a la experiencia Borealis. La cual es un sistema visual que utiliza en tiempo real, los colores del ambiente exterior del vehículo, para recrear un ambiente en el interior del auto por medio de animaciones sincronizadas con los instrumentos de adquisición de datos del vehículo, como la velocidad, porcentaje de aceleración, revoluciones por minuto del motor entre otros, para crear una experiencia de manejo inmersiva y emocionante para el conductor y pasajeros.

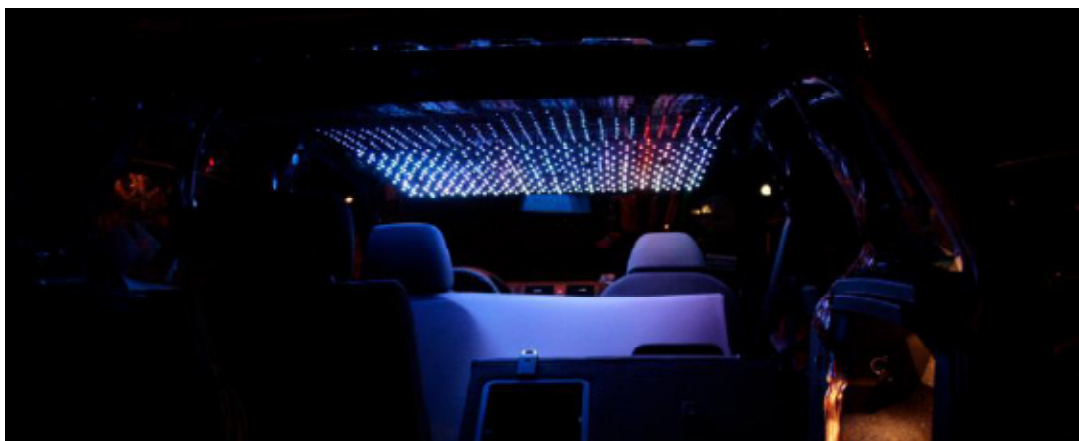


Figura 1.2 El sistema Borealis sin su cubierta visto desde la parte trasera del vehículo.

#### Resultados:

El sistema Borealis, como prototipo funcional montado en un VW GTI, fue probado por estudiantes, profesores y por los empleados del Laboratorio de Investigación en Electrónicos de Volkswagen (VW ERL). Cada persona que probó el sistema elogió la experiencia y el sutil efecto del sistema al conducir el vehículo. Encontraron la experiencia placentera y emotiva. La experiencia se consideró segura ya que en ningún momento los conductores se distrajeran al manejar, manteniendo su atención en el camino. Además el VW ERL satisfecho con el proyecto encontró en este el potencial de utilizarlo como una plataforma para integrar otras aplicaciones de entretenimiento y mejorar la iluminación de la cabina.

## **2 Contexto**

### **2.1 Planteamiento del problema**

El equipo compuesto por alumnos de Stanford y la UNAM, fue el encargado de diseñar una solución que capture la esencia y el espíritu del convertible para implementarlo en el interior de un automóvil convencional.

Esta solución recurrirá a la experiencia del convertible actual como fuente de inspiración para mejorar la experiencia de manejo de un automóvil convencional. El diseño final retomará los aspectos atractivos de la experiencia del convertible, minimizando los factores no deseados como la incomodidad del impacto del viento en el conductor al manejar a alta velocidad. La exploración de la solución se enfocará a decrecer la barrera entre el ambiente exterior y el interior del automóvil.



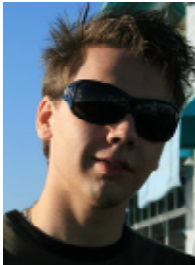
El equipo desarrollará un prototipo funcional del concepto generado, que será implementado en un Volkswagen GTI, vehículo facilitado por el Volkswagen Electronics Research Laboratory, patrocinador del proyecto. El prototipo demostrará la funcionalidad del sistema propuesto y deberá integrarse con acabados comparables a los de un automóvil ya en producción.

## 2.2 Equipo de diseño

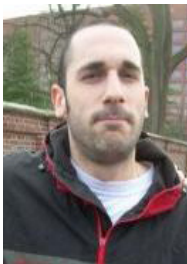
### 2.2.1 Integrantes del equipo de la Universidad de Stanford



Andrew Chang  
Grado: Maestría en Ingeniería Mecánica  
Contacto: awchang@stanford.edu

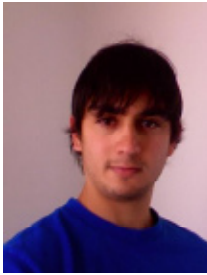


Heikki Juvonen  
Grado: Licenciatura en Diseño Industrial  
Contacto: heikki1983@gmail.com



Jason Reid  
Grado: Maestría en Ingeniería Mecánica  
Contacto: jireid@stanford.e

## 2.2.2 Integrantes del equipo de la Universidad Nacional Autónoma de México.



Tomas Alvarez  
Grado: Licenciatura en Mecatrónica  
Contacto: melisto@yahoo.com



Gladis Arroyo  
Status: Licenciatura en Diseño Industrial  
Contacto: gladisa4@gmail.com



Martin García  
Status: Licenciatura en Mecatrónica  
Contacto: plusmartin@gmail.com



Marco Lobato  
Status: Licenciatura en Diseño Industrial  
Contacto: sintetiko@gmail.com

### 2.2.3 Coaches

#### **Stanford**

Lauri Repokari (repokari@stanford.edu)

#### **UNAM**

Luis Equihua (equihua@servidor.unam.mx)

Alberto Vega (alberto.vega@cidi.unam.mx)

Alejandro Ramírez (aramirez@cidi.unam.mx)

### 2.2.4 Equipo de Profesores del curso E310

#### **Profesores**

Mark Cutkosky (cutkosky@stanford.edu)

Larry Leifer (leifer@cdr.stanford.edu)

#### **Profesor consultor**

Vic Scheinman (vds@stanford.edu)

#### **Profesores asistentes del curso**

Ji Lee (jilee@stanford.edu)

Brandon Smith (bsmith@stanford.edu)

Corina Yen (corina@stanford.edu)

Micah Lande (micah@stanford.edu)

Dan Manian (dmanian@stanford.edu)

### 2.2.5 Enlace Corporativo

#### **Volkswagen Electronics Research Laboratory**

Brian Ng (brian.ng@vw.com)

Eddie Kim (edward.kim@vw.com)

Dr. William B. Lathrop (brian.lathrop@vw.com)

### 2.2.6 Formación del equipo

El equipo original de Stanford, conformado por tres alumnos de esta universidad, compitieron en el mismo equipo durante el ejercicio de integración al principio del curso. Sin embargo no habían trabajado juntos anteriormente. Dada la introducción de un nuevo proyecto al curso, justo después de la formación de los equipos se hizo el cambio de un alumno de Stanford por un estudiante de intercambio de Finlandia. Quedando así conformado el equipo definitivo de Stanford.

El equipo es de gran diversidad, dado el origen cultural y profesional de sus miembros. Siendo los alumnos de Stanford estudiantes de Ingeniería Mecánica y el estudiante de intercambio finlandés, diseñador

industrial enfocado al diseño de transporte. Los tres integrantes se comprometieron con el proyecto E310 de manera que este curso se convirtió en su prioridad académica. Los cuatro miembros del equipo de la UNAM también con distinto perfil, conforman el equipo global para el proyecto. Conformado por dos ingenieros mecánicos y dos diseñadores industriales, fueron introducidos al equipo mediante la visita a la Universidad de Stanford al comienzo del proyecto.

Durante esa semana se logró integrar a las contrapartes mediante pláticas que permitían conocer las personalidades y forma de trabajo de cada integrante. Ahí los dos equipos mostraron su conocimiento y experiencia con herramientas y procesos de diseño lo cual permitió la fácil introducción a la nueva metodología por aprender en el curso.

La comunicación a distancia, ya con el equipo global trabajando en México, consistió en videoconferencias semanales para coordinar las actividades del equipo. Los alumnos de Stanford visitaron la Ciudad de México antes de que el trimestre de invierno comenzara, para aprender más, acerca de la cultura de cada integrante y para planificar la dinámica de trabajo a emplear en los dos siguientes trimestres. A su vez el equipo de la UNAM visitó Stanford durante la etapa final del curso, para en conjunto, integrar los componentes manufacturados y llevar a cabo el ensamble y montaje del prototipo final dentro del vehículo.

## 3 Requerimientos de Diseño

### Antecedentes

Para completar satisfactoriamente el proyecto de diseño del convertible virtual, era imprescindible evaluar y definir primeramente los requerimientos de diseño planteados por el cliente. (Figura 3.1). Generalmente es difícil atacar un problema de diseño cuando este es apenas planteado, por lo cual un plan de acción es necesario para delimitar la complejidad del proyecto. Los requerimientos de diseño permiten organizar y seccionar el problema planteado en distintos pequeños problemas que son más sencillos de comprender teniendo así la oportunidad de abordar uno a la vez.

Los requerimientos de diseño pueden ser divididos a su vez, en dos sub categorías: requerimientos funcionales y requerimientos físicos.

Los requerimientos funcionales definen lo que el sistema deberá hacer (Figura 3.2) ó las acciones y funciones asociadas con el mismo.

Los requerimientos físicos definirán entonces lo que el sistema deberá ser o incluir (Figura 3.3). Algunos de los requerimientos físicos responden a la necesidad de la integración e implementación del sistema dentro de un vehículo con techo rígido. Los requerimientos físicos podrían ser entonces, un listado de adjetivos o atributos que quisieran ser plasmados en el producto final.

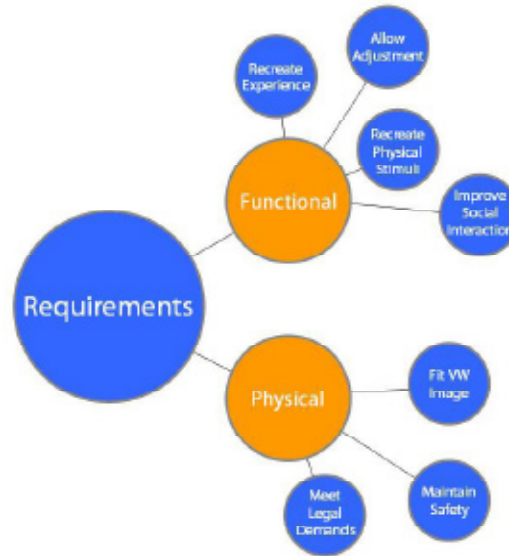


Figura 3.1: Lluvia de ideas de los requerimientos de diseño del sistema.

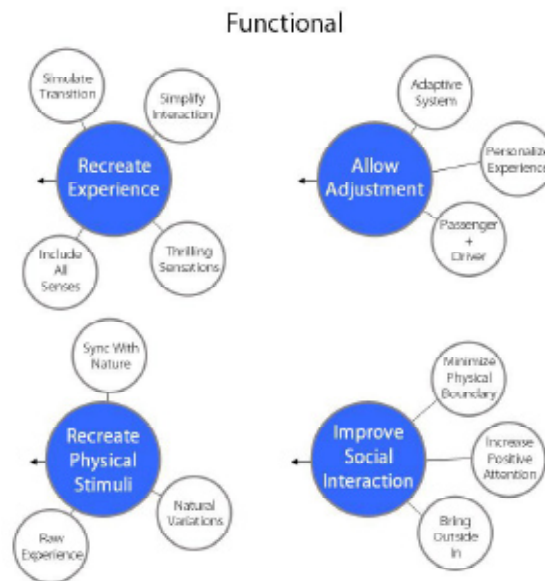


Figura 3.2: Lluvia de ideas de los requerimientos funcionales.

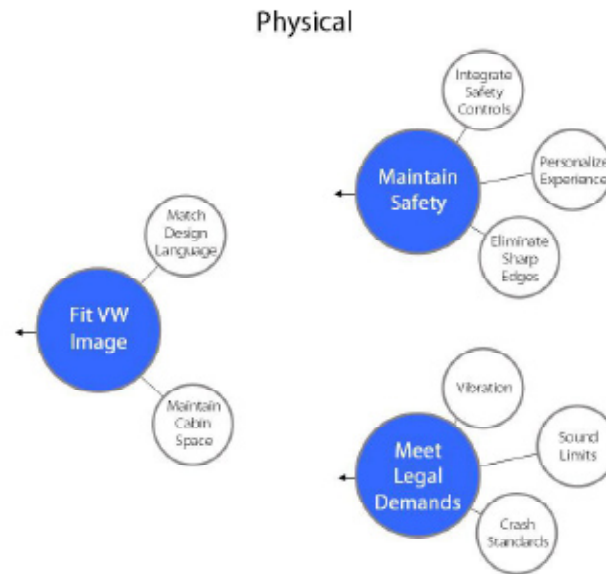


Figura 3.3: Lluvia de ideas de los requerimientos físicos.

Además de los requerimientos de diseño, nos encontramos también con limitantes del diseño; estas restringen el diseño a forma de reglas que el diseño debe cumplir. Para el diseño del sistema Borealis las restricciones más importantes se enfocaron a la consideración de mantener siempre el sistema bajo los lineamientos y consideraciones de seguridad del vehículo.

Finalmente vienen las oportunidades de diseño y las hipótesis que enriquecen y maximizan las posibilidades para el diseño del sistema, ideas innovadoras que buscan ir más allá de la concepción que se tiene inicialmente acerca de cómo debería ser el sistema, o de la primera idea que se tiene del proyecto. Ideas que de igual forma deben responder al problema de diseño inicialmente planteado.

Conforme el proyecto fue desarrollándose, el número de requerimientos de diseño y las posibilidades a las que podría llegar el proyecto fueron incrementándose y modificándose.

VW Borealis es un sistema que comprende distintos subsistemas instalados en el interior de un vehículo, que trabajan en conjunto para crear un experiencia visual que estimula los sentidos, asociando conceptos que hacen referencias a la experiencia de manejar un vehículo convertible, dentro de un vehículo convencional.

## **4 Desarrollo de Diseño**

### **4.1 Antecedentes**

Durante la primera parte del proyecto, el equipo tomó el planteamiento general requerido y lo utilizó como el punto de partida para un ciclo iterativo de necesidades demandadas, estudio de mercado y lluvia de ideas. El objetivo era entender el problema concreto, determinando lo que el usuario deseaba de una experiencia convertible y comparándolo con soluciones existentes en coches cerrados que intentan alcanzar estas necesidades. Determinando este punto como una oportunidad de producto, el equipo puede crear una solución innovadora.

La siguiente etapa del proyecto empezó tomando en cuenta esta oportunidad de producto y estableciendo una solución que pudiera funcionar. Esto se logró a través de un ciclo iterativo de prototipos, desarrollo de diseño y pruebas con usuarios, como se muestra en nuestro proceso de diseño (Figura 4.1). Las ideas se transformaron en prototipos de varios niveles de perfeccionamiento y fueron probados para explorar las variaciones. El ciclo iterativo de prototipos proporcionó al equipo un conocimiento invaluable de experiencia, tanto práctica física como de los resultados obtenidos al probar los prototipos del enfoque planteado.

A través de este proceso, el estudio de mercado fue realizado para perfeccionar el alcance de tecnologías relacionadas con las que el proyecto pudo favorecerse.

Esta etapa concluyó con la total comprensión de la función del producto final y la idealización razonable de cómo lograr dicho objetivo.

La etapa final del proyecto se enfocó en el desarrollo del prototipo final, el cual integra las lecciones aprendidas durante la previa fase iterativa de prototipos, combinándolos en una solución integral.

### **4.2 Benchmarking- Convertibles**

Antes de decidir el diseño final y su evolución, es importante establecer y entender las lecciones claves que fueron aprendidas de las fases previas. A continuación se aportará una investigación de esta información, se resumirán las lecciones del período de invierno.

#### **4.2.1 Benchmarking convertible**

El equipo utilizó tres diferentes métodos para experimentar el estudio de mercado, entrevistas a los usuarios, experiencia con convertibles y la investigación de mercado fueron tres de los primordiales alcances utilizados.



Las entrevistas consistieron en pláticas directas con usuarios relacionados con experiencia en convertibles; la experiencia convertible radicó en que miembros del equipo experimentarían la sensación que se vive al manejar coches convertibles y la investigación de mercado consistió por una parte en el estudio de la publicidad y comerciales para conocer la representación de una experiencia convertible.



Figura 4.1: Proceso de Diseño del equipo VW

#### 4.2.1.1 Entrevistas a usuarios

Las entrevistas realizadas a los usuarios revelaron casi inmediatamente una gran parte de la experiencia convertible que se relacionó con la misma experiencia de manejar un coche con las mismas características. Fue así como se reflejó la importancia de considerar una percepción externa de un Convertible Virtual y sus usuarios. Además de esta imagen asociada a la experiencia convertible, también fueron descubiertos varios beneficios funcionales de manejar un convertible, como por ejemplo, la seguridad al manejar se incrementa al quitar los pilares que obstruyen la vista. Además, cuando el toldo está abajo, el ambiente interior del coche y el exterior son el mismo, permitiendo la interacción cercana entre el usuario y su alrededor.

Finalmente, estas entrevistas fueron utilizadas para determinar algunas características de los convertibles actuales. Se detectaron así características particulares deficientes basadas en el hecho de que existe

una falta de control del ambiente cuando el techo está guardado. Así como la fatiga que provoca el golpe del aire directo y la exposición prolongada al medio ambiente. También, las limitaciones del clima de los lugares, limita el uso de los convertibles. Con el estudio de esta experiencia el equipo fue llevado a persuadir una solución que pudiera ir más allá de lo que los convertibles actualmente ofrecen.

Los vendedores y administradores de ventas aportaron una perspectiva diferente de la experiencia convertible. Las muestras de ventas revelaron una conexión que concuerda con la compra de un convertible y el deseo de expresar un sentimiento de libertad, comúnmente asociado con el estilo de vida del usuario. Además, el administrador de ventas expresó que los dueños de convertibles sólo los tienen por uno o dos años debido a los problemas de practicidad que implica el poseer un convertible.

#### 4.2.1.2 Hand testing

La primera prueba de experiencia física consistió tanto en hacer pruebas de manejo como pruebas estacionarias en coches. La prueba de manejo aumentó la comprensión de la experiencia dinámica de un convertible, mientras que las pruebas con coches estacionados fueron realizadas para aumentar el conocimiento de la experiencia al realizar pruebas que no podían ser experimentadas manejando, así como también permitió el estudio para conocer las diferencias entre los diferentes estados de un coche convertible, abierto y cerrado.

Durante las pruebas que se realizaron manejando, el conductor y el copiloto se percataron de que las experiencias y sensaciones variaban directamente con el cambio de velocidad. Con esto se definió una necesidad requerida de una experiencia dinámica que pudiera cambiar en respuesta a las acciones del coche. Otro aspecto que sobresalió durante las pruebas al manejar, fue que los convertibles permiten un mejor sentido de las condiciones del alrededor y se enfatizó también que el conductor es el único usuario que no se puede concentrar directamente en la experiencia convertible puesto que tiene que concentrar su atención en el manejo del vehículo.

#### 4.2.1.3 Estudio de Mercado

Para determinar la percepción que se tiene en la industria acerca de la experiencia convertible, el equipo estudió la publicidad y el mercado actual del producto. Uno de los principales objetivos en los que se centra la experiencia convertible es que la manera en que el conductor maneja, debería estar influenciada en la experiencia que recibe. Otra característica de la experiencia convertible que se encontró señalada en general, es la posibilidad de acceder fácilmente al vehículo.

El estudio de la publicidad, tanto de folletos digitales como comerciales, reflejó fuertemente una necesidad

requerida para crear una solución que fuera rápida y simple para completar el objetivo planteado, quedando demostrado que la velocidad es una de las características principales a considerar.

#### 4.2.2 Solución

A través de la investigación de coches convertibles y coches convencionales, se exploraron varias soluciones para enlazar las diferencias entre ambos vehículos, para así poder recrear una experiencia convertible.

El estudio comenzó con coches convertibles con techo ligero (Figura 4.2). Los convertibles con techo sólido, son vehículos con techo permanentes rígidos que incorporan una ventana larga, omitiendo los pilares de soporte. (Figura 4.3). Al remover los pilares B, los convertibles incrementan la visibilidad lateral, recreando una parte de la sensación de libertad, característica típica de los convertibles. Al mismo tiempo, las ventajas de seguridad se reflejan en el gran chasis tradicional, creando así una experiencia dentro del mismo vehículo.

Los convertibles con techo sólido modernos, intentan tener las ventajas de los coches anteriores manteniendo las ventajas de un techo rígido e implantando la seguridad de los techos flexibles como un accesorio controlable. (Figura 4.4)

Sin embargo, la complejidad y el tamaño del techo representa muchos retos innovadores tanto tecnológicos como logísticos, por ejemplo, el almacenaje del techo ocupa la mayoría del espacio de almacenaje del coche.



Figura 4.2: S2000 Roadster. Convertible con techo flexible



Figura 4.3: Coche convertible tradicional. Muestra el libre espacio de las ventanas alargadas al omitir los pilares.



Figura 4.4: Coche convertible moderno. Muestra el almacenaje del techo dentro de la cajuela

Una vez examinado las clases de vehículos diseñados para incrementar la experiencia del usuario, se analizaron las especificaciones de las características de los vehículos que aumentan el estilo de un convertible.

Otras tecnologías existentes como los quema-cocos, permiten la entrada de luz y la posibilidad de que el usuario vea el cielo. Mientras que estos dispositivos, permiten ver el exterior, son soluciones pasivas que no se ajustan ni cambian con las condiciones ambientales, por lo tanto no se crea una experiencia significativa. En relación con el sonido, el dispositivo de resonancia de BMW Z4 utiliza el sonido del motor adentro del coche (Figura 4.5), es también una solución pasiva puesto que no responde a ningún cambio del ambiente que rodea al vehículo.

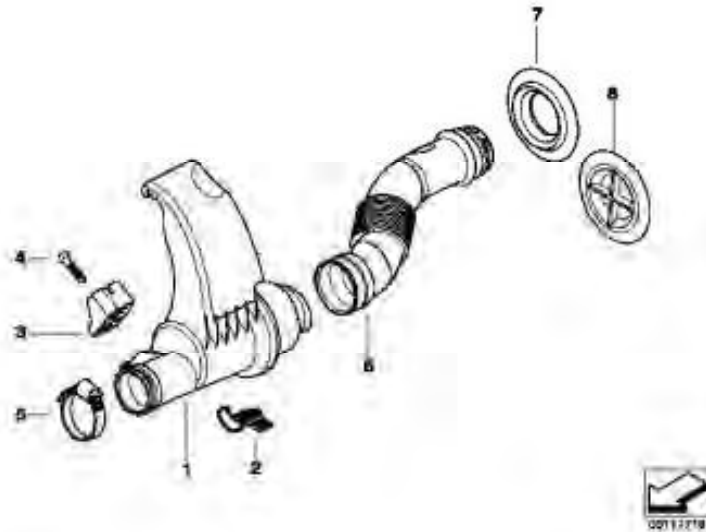


Figura 4.5: Dibujo de ensamble. Tubería de resonancia del BMW Z4

### 4.3 Benchmarking- Tecnología

Durante el periodo de invierno, se continuó el estudio de benchmarking, esta vez, enfatizando la posible solución y la investigación de tecnologías, reflejando así la transición de los requerimientos iniciales de la primera etapa a la etapa de solución. La investigación realizada en este periodo puede ser separada en diferentes categorías:

- Software
- Tecnología de pantallas
- Tecnología de materiales
- Interacción y personalización del sistema
- Experiencias relacionadas

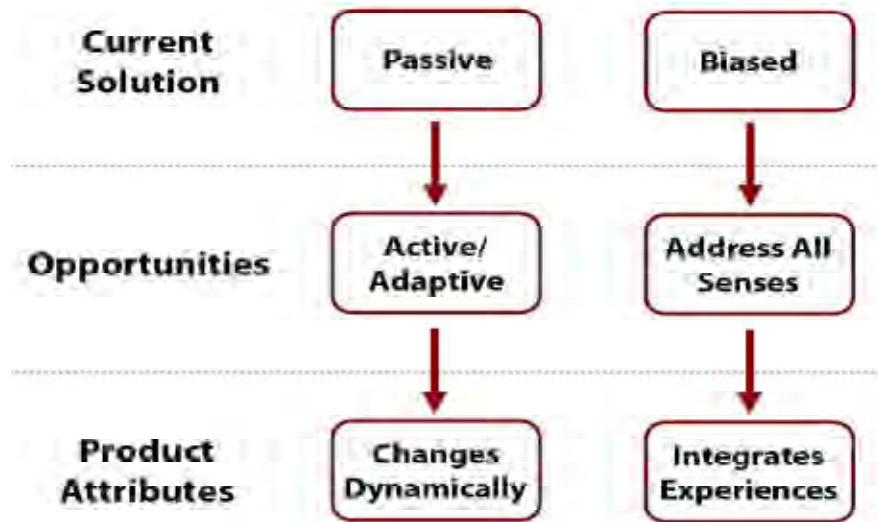


Figura 4.6: Benchmarking

### 4.3.1 Software

El principal aspecto de la investigación de tecnología fue la búsqueda de visualizaciones. Siendo posible crear visualizaciones de diferentes formas, las soluciones fueron exploradas a través de videos básicos en vivo con cámaras, hasta el concepto de un vehículo con un sistema de seguridad donde diferentes dispositivos de entradas fueran tomados del exterior y procesados en una sola visualización de ambientación.

El movimiento paralelo vertical es un movimiento técnico especial (Figura 4.7) que crea una seudo imagen en tercera dimensión. En esta técnica, las imagines de fondo se mueven con mayor lentitud que las imágenes delanteras, creando así una ilusión de profundidad, proyectándolas solamente en un plano de dos dimensiones. Este método se ha utilizado en películas de Disney como Blanca Nieves y La Bella Durmiente, antes de que apareciera la animación por computadora.

Actualmente, el mismo método puede ser logrado por un código de computadora simple, haciendo el proceso mucho más eficiente que en años anteriores.

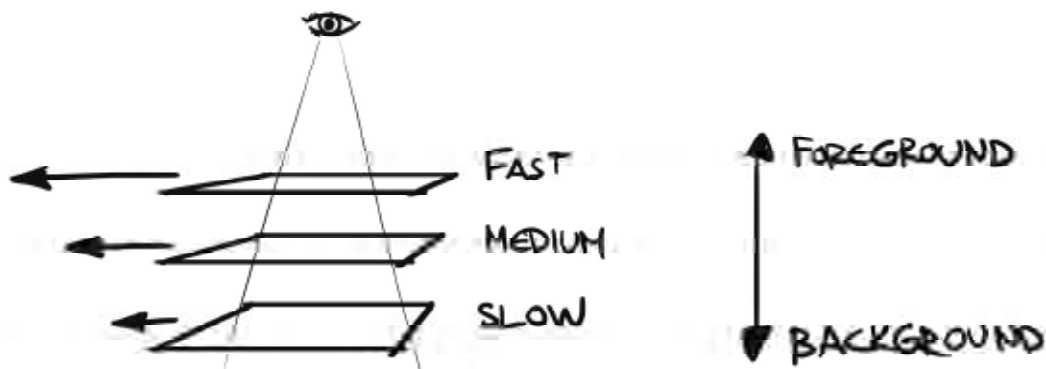


Figura 4.7: El sentido de profundidad se puede lograr al mover diferentes planos a diferentes velocidades. El cielo en el fondo, parece estar más lejos cuando se mueve lentamente que la imagen de un árbol en el frente al moverlo rápidamente.

Otra investigación realizada fue la búsqueda de visualizaciones musicales como un sistema existente donde se observa un dispositivo de salida visual generado por varios dispositivos de entrada que no son visuales. Estos sistemas crean visualizaciones exhibiendo fuertes contrastes y ambientes (figura 4.8).

También fueron estudiadas algunas visualizaciones con variantes de velocidad. Un ejemplo de estas animaciones dinámicas es Ripple Tank Applet, que permite simular la velocidad de acuerdo al control manual de la barra deslizable del teclado (Figura 4.9)

Se realizó otro análisis en torno a la “Philips Aurea”. Es un sistema de pantalla que trabaja con píxeles alrededor de la pantalla, reproduciendo la luz del mismo color que la pantalla y reflejándola con la misma intensidad hacia el alrededor (Figure 4.10). Esta cascada de color exterior causa que la pantalla se mimetice con el ambiente que la rodea, logrando que la imagen se “salga” del marco del televisor.

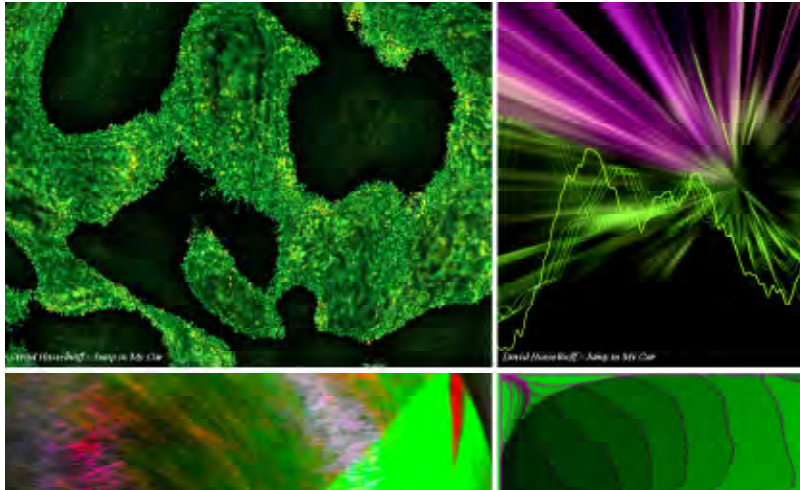


Figure 4.8: Milkdrop es un programa de visualización donde la música es el dispositivo de entrada y utiliza un detector de ritmos para representar efectos psicodélicos, creando así un viaje visual enriquecido a través del sonido.

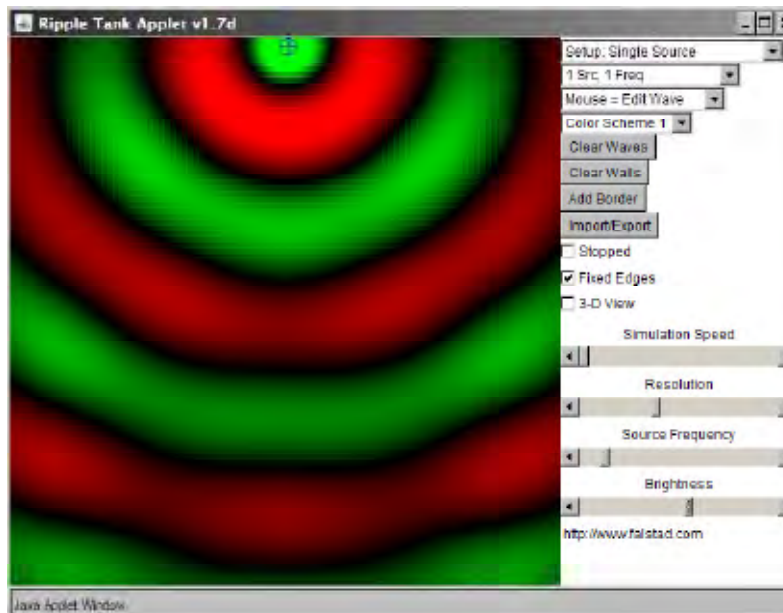


Figure 4.9: Aplicaciones simples de Java como Ripple Tank Applet, permiten al usuario tener control de la velocidad y frecuencia de la animación.





Figure 4.10 Philips Aurea trabaja con píxeles en la periferia de la pantalla y proyecta luz de acuerdo al color de las imágenes, aumentando la experiencia del ambiente al mirar la televisión dentro de un cuarto.

### 4.3.2 Tecnologías de pantallas

Los conceptos iniciales del proyecto consistieron en el montaje de una pantalla LCD en el techo, sistemas con LEDs normales y proyectores combinados con fibras ópticas.

La investigación sobre proyectores se basó en encontrar la mejor solución para realizar el prototipo funcional del sistema. Los proyectores de LEDs fueron tomados en cuenta por su tamaño compacto, pero al mismo tiempo fueron descartados por la baja intensidad de proyección que generan en exteriores. El mejor proyector encontrado para implementarlo en el interior del coche fue el Casio XJ-S31 Portable XGA, puesto que combina una poderosa fuente de luz de 2000 lumen con un diseño compacto, portátil que facilitan el montaje en el interior del coche (Figura 4.12)



Figura 4.11: Coolgrid es una pantalla flexible y modular de LEDs, utilizada generalmente para diseños arquitectónicos.



Figura 4.12: Comparación de distintos proyectores

### 4.3.3 Interacción y personalización del sistema

La personalización que ofrecen los productos modernos se observa como una constante actual, como podemos ver en aplicaciones de la WEB como iGoogle, la cual crea la oportunidad de escoger temas e información que el usuario requiera para que aparezca como su página de inicio (Figura 4.13). Sin embargo, el marco del tema seleccionado sigue teniendo efectos variables que están creados de acuerdo a la hora del día y otros factores.



Figura 4.13: Diferentes tomas en distintas horas del día de la barra de búsqueda de iGoogle.

En este tipo de aplicaciones, el usuario define un grupo de acciones y las junta en un solo dispositivo de salida. Una vez que el usuario define el grupo de acciones, un simple acto puede dar lugar a múltiples acciones individuales que de otra forma hubieran sido requeridas de forma separada. Esta metodología se aplica a una interface musical de nombre Musicoverly radio, donde se puede disponer de varias estaciones con los mismos parámetros para acceder fácilmente a estas días más tarde. Así como también se puede escoger el estilo de música de preferencia. (Figure 4.14).



Figure 4.14: Musicoverly. Interface de radio de internet.

## 4.4 Prototipos

Para comprender la racionalidad del diseño del prototipo final, es importante examinar los prototipos previos y las lecciones aprendidas con dichos prototipos. La siguiente sección es un resumen de los prototipos realizados en el periodo de invierno.

### 4.4.1 Prototipo de función crítica (PFC)

Para reproducir los efectos de viento, se creó un sistema para conducir el viento exterior dentro de la cabina y distribuirlo a partir de ventilas a lo largo de la parte superior del parabrisas, así como también se colocaron ventilas detrás del conductor (Figura 4.15). El aire fue dirigido directamente del exterior para así, mantener de la mejor manera posible, la mayoría de las cualidades naturales del aire para conservar lo más real posible la experiencia que se estudió en los diversos convertibles. El resultado del prototipo del sistema de viento fue exitoso al recrear la experiencia que genera el viento mientras se maneja un convertible.



Figura 4.15: Imagen del prototipo de viento instalado dentro de un vehículo de prueba.



Figura 4.16: Imágenes del prototipo de audio-

El segundo aspecto de la experiencia convertible que se recreó en el PFC fue el ambiente convertible de audio. Tanto el sonido del propio vehículo como el sonido exterior fueron probados. Los alumnos de Stanford se enfocaron en pruebas de los sonidos del vehículo con énfasis en los ruidos del motor. Al recrear el sonido del motor dentro de la cabina de pasajeros se logró una experiencia mucho más emotiva.

En los coches convertibles, el sonido del ambiente está en contacto directo con los usuarios. El prototipo del sonido ambiental (Figura 4.16) se desarrolló para determinar la factibilidad de recrear en tiempo real el sonido del exterior y probar la efectividad al hacer pruebas en el auto para experimentar la conexión percibida de los alrededores desde el interior del vehículo.

Un resultado observado fue que las ventanas que aíslan el ambiente interior del exterior, pasaban desapercibidas al utilizar los dispositivos de salida de volumen montados en el coche. Sin embargo, a velocidades más altas, aproximadamente 30 mph, el golpeteo causa sonidos repetitivos.



Figura 4.17: Prototipo interior de luz negra UV.

Otro prototipo que se tomó en cuenta para realizar pruebas, fue el del concepto “ver y ser visto”. Para lograr este efecto, los estudiantes de la UNAM efectuaron la tarea de modificar la estética del interior del vehículo, utilizando una luz negra UV en la noche (Figura 4.17) y cinta mágica para recrear un efecto de luminiscencia dentro de la cabina de pasajeros.

#### 4.4.2 Prototipo Dark Horse

Durante la investigación y conceptualización del proyecto, se generaron varias ideas fuera de lo común a demás de las sugerencias más comunes para cumplir los requerimientos de la experiencia convertible, para así evitar enclaustrar el posible espacio de diseño. Algunas de estas ideas extrapolares se estudiaron y dos conceptos fueron elegidos para elaborar el Prototipo Dark Horse: la cámara elevada y el interior camaleón.



Figura 4.18: Montaje de la cámara elevada

La cámara elevada produce una vista de pájaro del vehículo, con la cual hace presenciar el coche como una parte integral del ambiente exterior. Para lograr esto, se construyó una estructura de tubos de PVC montada al techo del coche. Se fijó una cámara web de 71 grados de ángulo Hewlett Packard en lo alto de la estructura, proyectando un video en una computadora que se colocó en el interior del coche.

Se realizó un prototipo rápido donde el sistema fue implementado para generar una solución similar utilizando imágenes capturadas de la cámara. Como resultado, este prototipo sólo se utilizó como lección de aprendizaje.

El segundo Prototipo Dark Horse se realizó para probar el concepto de proyectar video en tiempo real en las superficies interiores del coche. El diseño inicial se centró en recrear la experiencia del cielo.

Se utilizó un proyector de video y una cámara web montada en el techo exterior del coche, conectada

a una computadora portátil en la cual se transfería el video capturado y de esta forma, el video se proyectó en el techo del auto, arriba de los pasajeros delanteros. (Figura 4.19)



Figura 4.19: Proyección en el techo del coche.

Las pruebas se realizaron durante el día y la noche. Durante la noche, al tener un cielo oscuro, la proyección en el techo parecía inalterada, pero al tiempo en que se manejaba por debajo de un faro de luz, el patrón de movimiento de dicha luz continuaba en el techo interno. Como la luz aparecía en la cámara como una región no definida de luz blanca amarillenta, la calidad y la sutileza de la imagen no afectaban el efecto, significando que el mismo efecto puede ser creado con menor resolución, como una pantalla hecha de LEDs.

Durante el día, las pruebas realizadas fueron más precisas. La proyección del cielo azul fue una constante como patrón de brillo. La intensidad de la proyección era menor a la de la luz del sol, por lo cual no resultaba como una distracción para el usuario.

Adicionalmente, se observó que una mejor luz permitía mayor definición, generando un efecto mucho más fuerte.

Otro concepto fue probado al mismo tiempo, este consistió en proyectar imágenes en los pilares A. Debido al inevitable desajuste de la proyección del video por las diferentes posiciones del conductor, no se encontraron beneficios que enriquecieran la experiencia en el sistema.



### 4.4.3 Prototipos Rápidos

Con la finalidad de incrementar el conocimiento y el entendimiento del espacio de diseño se realizaron diversos prototipos adicionales al Prototipo Dark Horse. Cada uno de estos prototipos rápidos, completados en una máximo de dos días, fueron diseñados para dar respuesta a las preguntas que surgieron del proyecto y así explorar nuevas ideas. Algunos de estos prototipos fueron también extensiones directas de prototipos previos.

#### 4.4.3.1 Prototipo de Proyección del retrovisor

El prototipo de proyección del retrovisor fue diseñado para probar dos conceptos: reemplazar totalmente el espejo retrovisor por un monitor digital (Figura 4.20) y crear un vehículo completamente virtual (Figura 4.20). Debido a la proximidad de los dos conceptos, ambos fueron arreglados con el mismo sistema. Durante la prueba con el retrovisor, se descubrió rápidamente que el cambio era muy sutil para afectar la totalidad de la experiencia de manejar. También se observó que los pilares C no bloquean un porcentaje alto de la vista posterior.



Figura 4.20: Concepto de espejo retrovisor digital.



Figura 4.21: Concepto de vehículo virtual

Otro aspecto crítico descubierto fue que a pesar de la alta definición de las imágenes, para facilitar el reconocimiento de los objetos posteriores al vehículo, la pantalla no crea una sensación de distancia.

#### 4.4.3.2 Plataforma de proyección de animación

Para observar la eficiencia de las visualizaciones utilizadas en los prototipos anteriores donde se creaba una sensación de movimiento, las visualizaciones fueron removidas del vehículo en movimiento y montadas en un ambiente totalmente estacionario (Figura 4.22). Durante la prueba del simulador de movimiento, se descubrió que las animaciones del techo tuvieron un profundo impacto en el conductor, aún cuando su alrededor era estacionario. Así como también, se reveló la misma sensación de movimiento al enfocarse en un punto a la distancia.



Figura 4.22: Montaje de techo interior del coche

#### 4.4.3.3 Prototipo de difusión de luz

El concepto de utilizar una pantalla de dos dimensiones de una retícula de LEDs como lámpara a través de una tela semitransparente se utilizó como fuente alternativa para generar luz. Este prototipo guió la posibilidad de que se generara un patrón uniforme.

Para definir esta posibilidad, se realizó un prototipo rápido utilizando un juguete de nombre Lite-Brite para simular un patrón de LEDs RGB (Figure 4.23). Diferentes telas fueron colocadas encima de los LEDs con diferentes separaciones para probar los efectos de la distancia entre la tela y los LEDs y la opacidad en el resultado de la imagen, se observó que estos factores podían determinar el número de LEDs requeridos, así como también el grosor del ensamblaje final del sistema de iluminación.

A una distancia específica, la tela colocada arriba del Lite-Brite reduce la visión de las luces individuales (Figure 4.24). Esta distancia óptima para crear una imagen, es el punto justo donde la geometría de las formas pueden ser identificadas por el observador inmediatamente y la transición de colores es gradual y aún así, es perceptible. Con el Lite-Brite, la distancia óptima aproximada es una pulgada.



Figura 4.23: Lite-Brite.

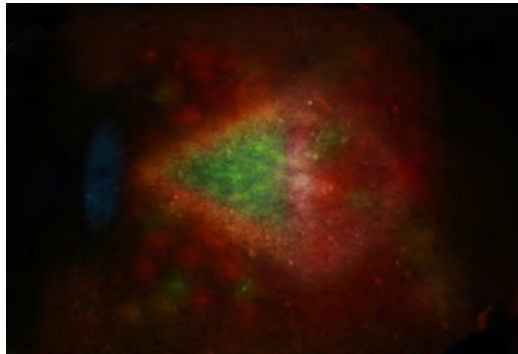


Figure 4.24: Patrón de luz con una distancia óptima entre la fuente de luz y la tela.

#### 4.4.3.4 Ajuste de color con LED

Se construyó un prototipo utilizando LEDs para ajustar el color del interior con los color del exterior. Se colocaron en el techo, en los pilares A y en las puertas del coche tiras de LEDs RGB para obtener el color inmediato del exterior y reproducir un color similar en el interior de la cabina (Figura 4.25). Estas tiras de LEDs fueron manualmente ajustadas para que concordaran con los colores del paisaje exterior. Se utilizó una tela para difuminar la luz emitida por las tiras de LEDs y así generar una iluminación uniforme.

Durante la realización de este prototipo, se descubrió que como los pasajeros ven primordialmente a

través del parabrisas, están más enfocados en el exterior, por esto, la vista periférica que se tiene del techo del coche, puede estar disimulada con un diseño de baja resolución como las tiras de los LEDs que se probaron con anterioridad. Otra observación importante fue que los colores con tonos cercanos al blanco, como el azul-verdoso o gris, resultaban ser los colores que más se ajustaban a la tonalidad del ambiente exterior. Se determinó que entre menos intensidad de luz y una luz suave, generaba un resultado de ajuste de color más exacto (Figura 4.26).

#### 4.4.3.5 Prototipo de ambiente de luz adaptable

Para el desarrollo de este prototipo se montaron celofanes de colores en las ventanas para cambiar las condiciones de luz interior (Figura 4.27)

Las pruebas se realizaron con un clima soleado, por lo tanto, las hojas azul y verde, siendo colores fríos, generaron un ambiente interior frío.

La hoja de celofán amarilla, siendo un color cálido, dio como resultado un ambiente caluroso (Figura 4.28).



Figura 4.25: Áreas de ajuste de color



Ongoing Prototypes Vehicle self-awareness. 

Figura 4.26: Demostración de ajuste de color



Figure 4.27: Diferentes resultados logrados utilizando hojas de celofán de distintos colores.



Figura 4.28: Comparación de luz ambiental fría y cálida.

#### 4.4.3.6 Prototipo de multi-monitores



Figura 4.29: Pantalla unificada con diversos monitores

Una de las ideas principales para la tecnología de pantallas, fue utilizar un mosaico de varios monitores LCD. El primer paso fue crear una prueba simple de factibilidad con el programa Maxivista, que permite proyectar imágenes a través de diversos monitores, generando así un único monitor (Figura 4.29). Esta prueba validó un acercamiento positivo para el proyecto.

#### 4.4.3.7 Resumen de Prototipos Rápidos

Los prototipos rápidos antes descritos, fueron diseñados especialmente para responder a diferentes preguntas que pudieran afectar el diseño del sistema, a diferencia del prototipo de función crítica y del prototipo Dark Horse, que fueron desarrollados para representar una posible solución del sistema. Como resultado, los datos encontrados en estos prototipos son significativos a pesar de la corta duración de los prototipos.

#### 4.4.4 Prototipo funcional

A partir del Prototipo Dark Horse y los prototipos rápidos adicionales, se concluyeron diversas posibilidades a cerca de lo que la experiencia convertible, podría contener.

En el prototipo funcional se proyectó un video en tiempo real del exterior en la periferia del techo. La proyección del video permite que el usuario perciba lo que está del otro lado del techo, aunque no intenta hacer desaparecer el techo con estas visualizaciones (Figura 4.30).

Se utilizaron proyectores de alta definición, debido, primordialmente, a que son herramientas rápidas con las que se puede trabajar, como se mostró en prototipos previos. Se encontró dificultad al colocar los proyectores en el interior del vehículo y se encontraron limitaciones causadas por el dispositivo de salida de luz.

Un ambiente sintético puede crear una experiencia igual o incluso mejor que un ambiente generado por una sólo imagen natural, aún cuando ésta sea de la más alta definición.



Figura 4.30: Boceto del concepto de la proyección periférica.





Figura 4.31: CAN bus gateway

El laboratorio de investigación de VW (ERL) provee un CAN bus gateway (Figura 4.31) para obtener el sistema métrico del vehículo, como la velocidad del mismo, la velocidad del motor, el porcentaje del obturador y la aceleración del vehículo , y así pudiera ser leído usando una computadora con un puerto seriado.

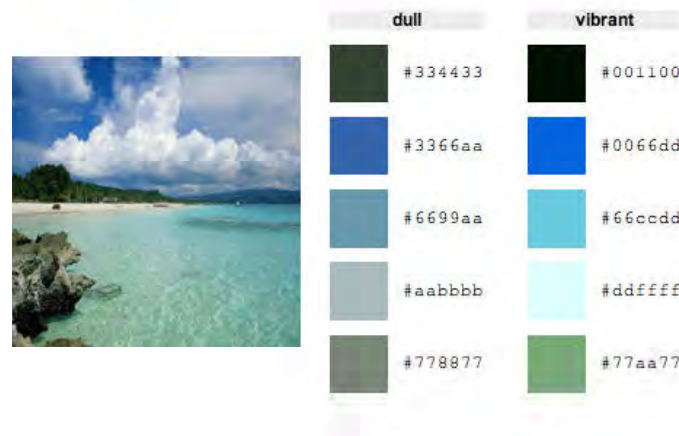


Figure 4.32: Paleta de colores de una imagen, extraída automáticamente por un programa especializado.

Adicionalmente a los datos del vehículo, con el prototipo, también se buscó incorporar otros dispositivos de entrada en el sistema para ayudar a crear una fuerte correlación con el ambiente externo.

El principal dispositivo de entrada necesario del ambiente exterior es una muestra de colores con la cual se pueda construir una animación (Figura 4.32). El sistema toma esta información y la incorpora en una animación (Figura 4.33).

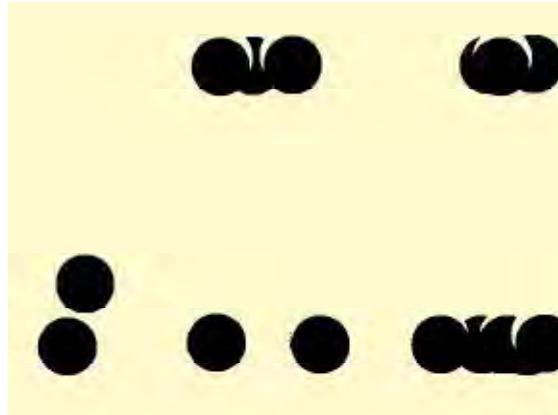


Figura 4.33: Animación de pelota en movimiento

Adicionalmente a la zona de proyección, se probó un simulador del ambiente general que pretende ajustar la totalidad del techo con el ambiente exterior en baja resolución.

El objetivo era probar la factibilidad de usar una sola sensación para crear la misma sensación que se extraen al mismo tiempo de diversos dispositivos de entrada. Este prototipo probó ese concepto al implementar una luz en el techo que se ajustaba al color de un video. Por ejemplo, si había cielo azul, se obtenía un techo luminiscente de color azuloso (figura 4.34).

Las sombras también fueron simuladas al prender y apagar el sistema de LEDs sincronizadamente con el video (Figura 4.34)

En el simulador del ambiente general se utilizó una tira lineal de 50 LEDs y un modulador de pulso amplio PWM, por sus siglas en inglés. Este prototipo permitió simular un techo para ajustar el color con el simulador del ambiente exterior. Se utilizó como material reflector una tela elástica blanca. (Figura 4.35)

El prototipo funcional móvil resultó exitoso al demostrar la factibilidad de crear una animación automática,

la cual respondió a los dispositivos de entrada. La idea de dividir la superficie de la pantalla en áreas especializadas, como el área de video de alta definición y el área de ambientación sintetizada en el centro, fue también un resultado exitoso para este prototipo.



Figura 4.34: Imagen del ajuste de color del cielo en el techo del simulador.



Figura 4.35: Imagen del ajuste de sombras del video en el techo del simulador.



Figura 4.36: Detalle de LEDs entre el material reflejante y el material difusor.

## 4.5 Benchmarking

### 4.5.1 Materiales para el difusor

A través de la investigación y estudio de diferentes materiales se escogió el material difusor, en donde se tomaron en cuenta características específicas para que el material trabajara de forma eficaz, como propiedades para que la luz pase a través de él y a la vez la difumine sin perder intensidad, expandiéndola en la superficie. Otro aspecto importante es que el material debe trabajar eficientemente con luz generada por LEDs, por lo tanto, la opacidad y el grosor son otras características que se deberán considerar para elegir el difusor.

Otro aspecto que se tomó en cuenta fue la textura de la superficie del difusor, puesto que al tener una superficie texturizada, la luz se difumina en diferentes direcciones. Dado que la textura provoca la difracción de la luz, se descartó esta opción puesto que al realizar pruebas con dichas superficies se descubrió que la intensidad de luz bajaba. Se realizaron pruebas con materiales lisos y se descubrió que estos trabajan mejor con la luz pues la captan directamente, incrementado así la intensidad de luminiscencia (Figura 4.37).

Otra característica del difusor es la transparencia del material. Se realizaron pruebas con distintos materiales para estudiar los efectos. (Figura 4.38). Al tener un difusor transparente, la mayoría de la luz pasa a través del material, generando una luminosidad muy brillante, la cual no es necesaria y además se pierde el haz de luz pues este no se refleja en la superficie del material. Al tener un difusor traslúcido, la luz se mantiene brillante y a la vez se refleja en la superficie, proyectando los colores con un contraste mayor. El difusor también trabaja como una pantalla en donde es posible proyectar luz, con esto se evita que dentro del auto se cree un efecto de brillo no deseado.

A través de estas pruebas se descubrió que el estireno natural, el acrílico blanco y hojas de polipropileno tiene las mismas características y trabajan eficazmente para el objetivo del difusor.

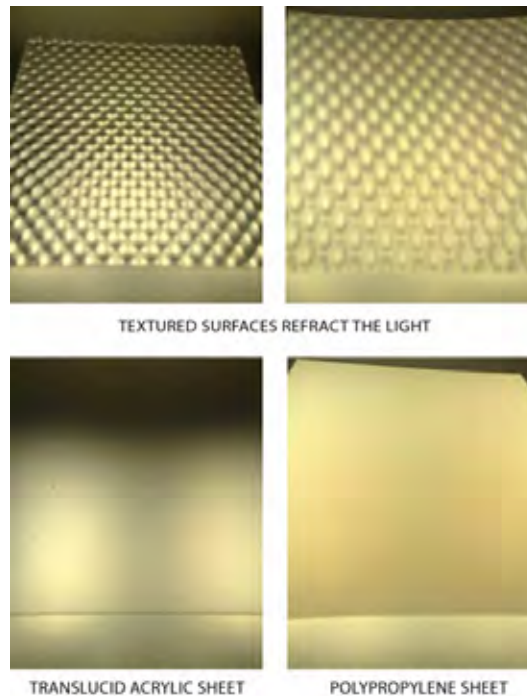


Figura 4.37: El polipropileno liso muestra la mejor intensidad y mayor uniformidad de luz generada por LEDs

## 4.5.2 Variables de los LEDs

Se consideraron las características físicas de los LEDs para hacer que la pantalla trabaje apropiadamente con el difusor. Los LEDs emiten una luz con un ángulo de 180 grados, generando una luz direccional y puntual. Debido a esto, se tomaron en cuenta diversas variables como la distancia entre los LEDs y el difusor, la cantidad de LEDs requeridos y el espacio óptimo entre cada LED (Figura 4.39).

El principal aspecto a considerar fue la distancia entre los LEDs y el difusor puesto que con ambos elementos se generará una luz difusa homogénea. Las pruebas realizadas muestran diferentes distancias (Figura 4.40) A 2.5cm de distancia entre el LED y el difusor muestra una luz puntual y no se precisa una intensidad de luz uniforme. A 3cm de distancia, la luz se difumina de forma óptima y se observó que la intensidad de luz disminuye al alejar el difusor a partir de esta distancia. Por lo tanto, la distancia óptima se deberá mantener arriba de los 3cm para obtener una luz difusa con la mayor intensidad.

Una vez medida la distancia requerida entre los LEDs y el difusor, la siguiente variable con la que se realizaron pruebas, fue el número necesario de LEDs por píxel. Teniendo una tarjeta para el píxel de 10cm x 10cm de área se probaron tiras lineales que contienen tres LEDs. Los resultados mostraron que con tres tiras de LEDs el área se ilumina completamente (Figura 4.41).

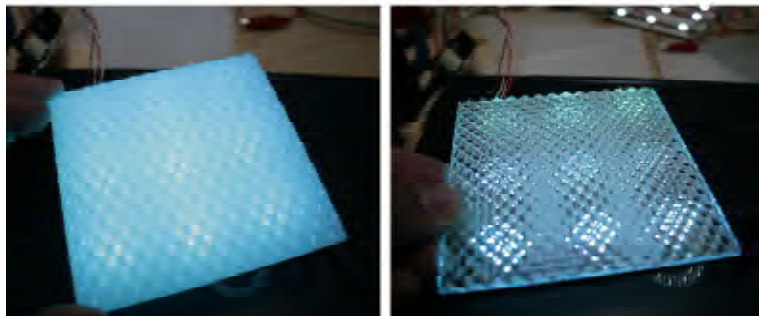


Figura 4.38: Mientras el difusor transparente permite mayor paso de luz, el contraste de color es menos visible, pudiendo causar brillo no deseado en el interior del coche, puesto que la luz pasa libremente a través del material haciéndola llegar hasta los usuarios directamente.

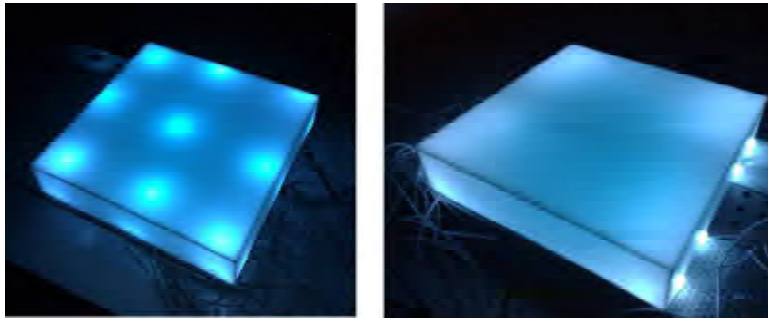


Figura 4.39: La distancia entre los LEDs y el difusor afecta notablemente el resultado. En la imagen superior se muestra la diferencia entre una luz puntual (izquierda) y una luz difusa (derecha) generadas por distintas distancias entre los elementos.

DIFFUSOR DISTANCE FROM AN LED ARRAY	RESULTS
0.5 mm – 1cm	Punctual
1.5cm – 2cm	Smooth Punctual
2.5cm	Diffused Punctual
3cm	Diffused

Figura 4.40: Tabla de mediciones para la prueba de distancia entre la tira de LEDs y el difusor.



Figura 4.41: Pruebas para determinar la cantidad de LEDs necesarios para iluminar el área de un píxel y cuánto brillo se genera. La imagen de la izquierda muestra un píxel con tres LEDs, mientras que la de la derecha muestra otro píxel con cuatro LEDs.

### 4.5.3 Estructura del difusor

Gracias al prototipo Dark Horse, se descubrió que el contraste de la imagen proyectada es muy importante. Dado que los LEDs necesitan tener un difusor, se debe tener el consentimiento de que se puede perder el contraste de la luminosidad, generando una luz borrosa (Figura 4.42). Por esto, se realizaron pruebas para hacer factible una mejora en el contraste de color.

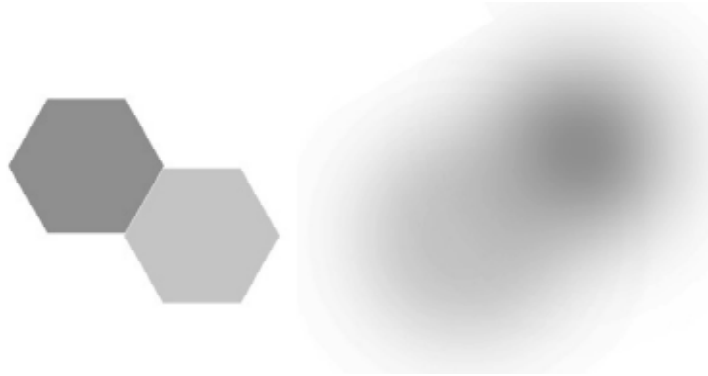


Figura 4.42: Al crear un límite entre dos colores, los bordes se mantienen visibles al igual que se hace notar el contraste entre ellos. Si los colores se difuminan juntos, los bordes se difuminan y el contraste pierde resolución generando menor impacto visual.

Se creó una estructura de píxeles simple para colocarla enfrente de un televisor con el objetivo de determinar si era preferible o no, tener el efecto de una imagen creada por píxeles (Figura 4.43). La estructura reticular se construyó entrelazando tiras de acrílico.

Los píxeles se crearon con una forma hexagonal de acuerdo al concepto de la identidad de marca estudiada del GTI de Volkswagen.

A pesar de la estética de la forma hexagonal, la elaboración de esta red resultó complicada, puesto que el hexágono, por su forma, limita la construcción de grandes estructuras (Figura 4.44).



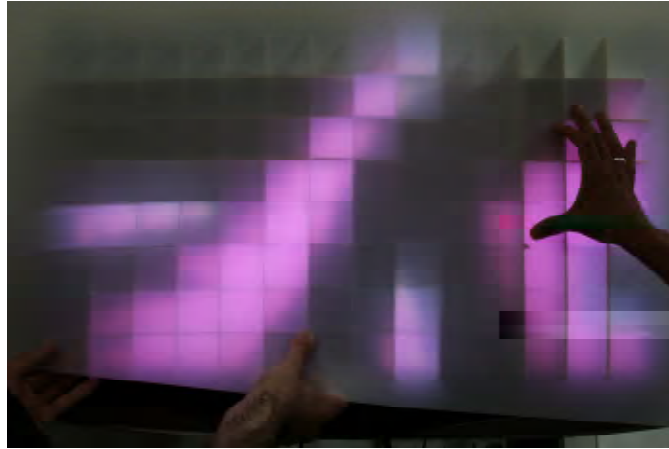


Figure 4.43: Estructura simple de pixeles.

Mientras se realizaban pruebas para el difusor, sabiendo que el brillo y el contraste tienen un gran impacto sobre el cómo se ve la imagen, se realizaron pruebas de materiales para cubrir el techo junto con el difusor.



Figura 4.44: Estructura hexagonal. Sigue la identidad de marca del GTI de Volkswagen.

#### 4.5.4 Telas

Para efectos estéticos del proyecto, se consideró el uso de una tela para cubrir el sistema. Su función es guardar la relación estética del interior del coche, haciéndolo ver confortable y acogedor, ocultando el sistema en la parte superior. Al haber generado una luz que se difumina eficientemente y teniendo una intensidad de luminiscencia adecuada, se tomó en cuenta como aspecto fundamental de la tela, que ésta debería cubrir totalmente el sistema sin disminuir la intensidad de luz. Por esto, una de las características de la tela a considerar, es el tejido pro el que está compuesta.

El tejido de la tela no debe interferir con la intensidad de la luz. Siguiendo estas características, se buscaron telas acolchonadas y espumadas. La investigación se realizó con muestras de diferentes telas y se realizaron diversas pruebas rápidas enfrente de diferentes difusores, permitiendo así escoger el material más conveniente

En la figura 4.45 , la foto C muestra un material industrial utilizado para cubrir diversos productos como sillas de oficina, mochilas, etc. Es un material delgado, espumado con un tejido abierto el cual permite ver la luz difusa sin disminuir su intensidad. También permite que el sistema tenga un acabado de apariencia profesional, asemejándose al techo original del GTI de Volkswagen.

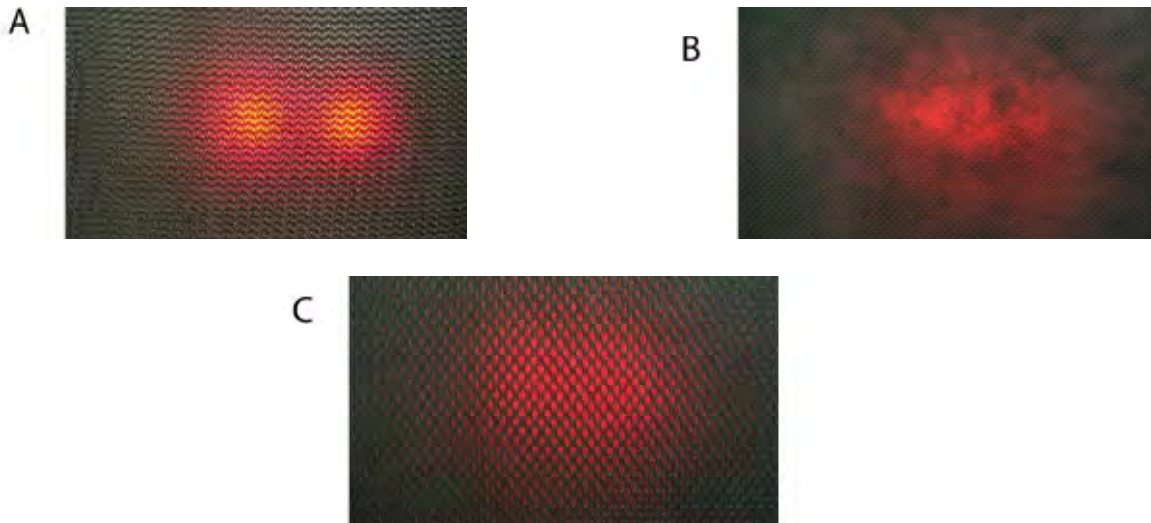


Figura 4.45: La foto A ilustra una tela delgada la cual no difumina la luz. La foto B muestra una tela con tejido más cerrado la cual disminuye la intensidad de luz. La foto C muestra una luz difusa óptima y es visible desde distintos ángulos.

#### 4.5.5 LED Displays

Dentro de la investigación de pantallas existentes de LEDs, estudiantes de la UNAM asistieron a la feria de luz y sonido Sound Check 2008 en el WTC de la Ciudad de México (Figura 4.46). Además de sistemas de sonidos Hi-Fi, se mostraron diferentes escenarios de tecnologías de luz e imagen, desde pisos “disco” de los 60`s hasta proyectores futuristas de rayos láser. Casi todas las soluciones de iluminación estaban fabricadas con tecnologías de LEDs, reemplazando los focos incandescentes tradicionales. Las pantallas de LEDs mostradas en la exposición tenían diferentes tipos de controladores pero la gran mayoría utilizaba un protocolo de comunicación DMX512.



Figura 4.46: Expo Sound:Check 2008. Feria de luz y sonido en el WTC de la Ciudad de México



Figura 4.47: Módulo de LEDs conectados con un protocolo de comunicación serial DMX512 tanto en pantallas grandes como pequeñas.

El protocolo DMX512 es un sistema que fue inicialmente diseñado como un controlador de iluminación, recientemente ha sido adaptado para controlar pantallas de LEDs (Figura 4.47).



Figura 4.48: Las pantallas de LEDs generan mayor brillo, al utilizarlas como televisores, que los proyectores regulares.

Las soluciones de visualizaciones más interesantes encontradas fueron los grandes patrones utilizados en pantallas para escenarios. Estos módulos consisten en estructuras de aproximadamente 2 x 2 pies, construídos con RGB LEDs controlados por distintos dispositivos electrónicos ,utilizando en mayoría, el protocolo de comunicación DMX512 (Figura 4.48).

A demás de pantallas de LEDs rígidos, también se mostraron en la expo Sound:Check 2008 varias pantallas utilizando LEDs flexibles (Figura 4.49).

Otras tecnologías existentes son sistemas robotizados de iluminación con LEDs (Figura 4.50).



Figura 4.49: Cortina flexible de visualizaciones de LEDs



Figura 4.50: Lámpara robótica de LEDs

#### 4.5.6 LEDs

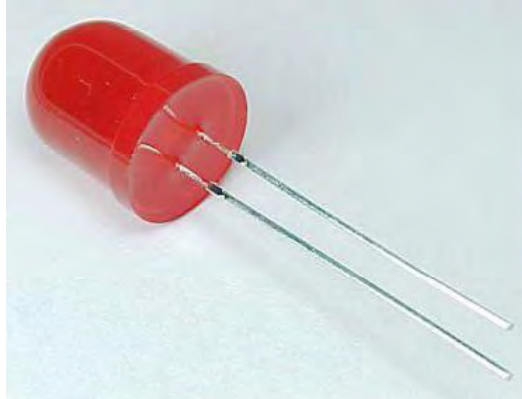


Figura 4.51: LED regular.

Existen diferentes tipos de LEDs. El Led más común es el LED regular, el cual está formado de un foco y dos patas unidas en el interior del foco (Figura 4.51). Dichos LEDs de un color, o en raras ocasiones de dos colores, fueron pensados como opciones para utilizarlos en los prototipos iniciales. Al utilizar tres LEDs de diferentes colores, es posible generar cualquier combinación de color deseada. Para evitar sobrecarga y para evitar quemar la capa semiconductor dentro del LED se utilizó un resistor de 220 ohms. Se utilizaron estos LEDs por la ventaja de fácil instalación y porque generan calor mínimo.

Después de una investigación más a fondo sobre LEDs se encontró otro tipo que cuenta con las mismas características físicas que el anterior pero con la ventaja de poder proyectar tres colores. Estos LEDs RGB cuentan con 4 patas y pueden generar cualquier combinación de una sola fuente, permitiendo un fácil montaje, así como también una mayor concentración y densidad de luz emitida. Este tipo de LED resultó una mejor opción debido a que la cantidad de resistores necesarios disminuye una tercera parte puesto que los tres colores se encienden de un ánodo común.

Durante la investigación de LEDs como dispositivos de salida, se encontraron LEDs de alto brillo (Figura 4.52). A pesar de que la luz emitida por este tipo de LEDs es mayor que la emitida por LEDs regulares, la generación de calor los vuelve poco eficientes pues requieren de un sistema adicional de enfriamiento.

Siguiendo con la investigación, se encontró un tipo de LED que se utilizará como solución final, una tira flexible de LEDs RGB de 12 volts (Figura 4.53), contruidos por resistores, lo cual es una ventaja para la solución del prototipo final. La separación entre cada LED es óptima y al ser una tira auto adherible,

facilita su montaje en los paneles. Otra ventaja de este tipo de tiras de LEDs RGB es que consumen menos energía que los LEDs RGB.

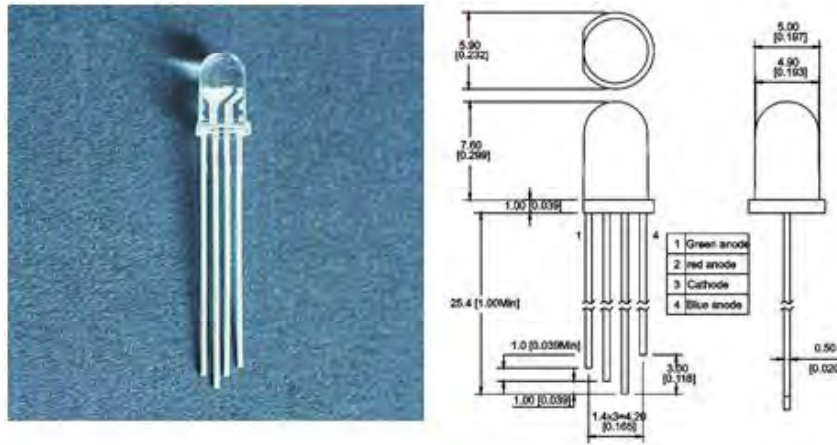


Figura 4.52: LEDs RGB

Otra ventaja de estas tiras de LEDs es que se pueden cortar en segmentos más pequeños para efectos del diseño final del prototipo



Figura 4.53: Tiras flexibles de LEDs RGB

## 4.6 Prototipo Final

A través de la investigación de los prototipos anteriores se desarrolló como resultado la solución final del proyecto. “Borealis” es un sistema que recrea la experiencia convertible virtual tomando la experiencia multi sensorial convertible existente y condensándola en una sola solución visual (Figura 4.54).

Dentro de las consideraciones de diseño del sistema “Borealis” fue crear una experiencia visible sin que distrajera demasiado al conductor, otro aspecto de diseño del sistema fue reproducir de una manera convincente las características de la experiencia convertible analizada y al mismo tiempo integrar el sistema de una forma sutil dentro del vehículo.



Figura 4.54: Prototipo Final del Sistema Borelais



### 5.1 Introducción

Durante la fase final del proyecto, el equipo tuvo la facilidad de dedicarse de tiempo completo al proyecto. La relación del equipo de trabajo se fortaleció gracias a la visita del equipo de Stanford a la Ciudad de México en las vacaciones de invierno, donde el equipo además de compartir experiencias culturales y de esparcimiento, puso en marcha el plan de trabajo para el desarrollo y fabricación del prototipo final.

### 5.2 Presupuesto

Conforme la fase final de proyecto se aproximaba, el equipo se dio cuenta de la importancia de conjuntar el presupuesto de ambos equipos. Manejando los recursos de esta manera, se optimizó la administración de estos para el desarrollo del prototipo final.

#### 5.2.1 Proyección de gastos en el trimestre de primavera.

<b>Description</b>	<b>Cost</b>
Display System	\$8000.00
Consultant Fees	\$3000.00
Fabrication	\$2000.00
Secondary Sense	\$1000.00
EXPE	\$600.00
Servicing of GTI	\$400.00
Documentation	\$300.00
Miscellaneous	\$100.00
<i>Total Projected Spring Costs:</i>	<i>\$15,400.00</i>

Figura 5.1: Proyección de los gastos para el periodo de primavera.

Los gastos más fuertes del proyecto se utilizaron, en mayor parte, para cubrir los costos de la manufactura del prototipo final (Figura 5.1). Esta proyección de gastos toma en cuenta el presupuesto disponible para el equipo UNAM – Stanford en conjunto.

## 5.2.2 Gastos del periodo de primavera.

La siguiente tabla representa un resumen de los gastos del equipo durante el trimestre de primavera (Figura 5.2). La mayoría de los gastos se canalizaron a la manufactura del prototipo final y sus componentes como fue previsto. Otra división de recursos importante fue destinada al mantenimiento general del vehículo durante las pruebas del sistema y en los honorarios de los consultores externos.

Description	Projected	Actual
Display System	\$8000.00	\$8,658.96
Consultant Fees	\$3000.00	\$3,000.00
Fabrication	\$2000.00	\$4,490.00
Secondary Sense	\$1000.00	\$0.00
EXPE	\$600.00	\$199.13
Servicing of GTI	\$400.00	\$353.53
Documentation	\$300.00	\$0.00
Miscellaneous	\$100.00	\$0.00
<i>Total Projected Spring Costs:</i>	<i>\$15,400.00</i>	<i>\$16,701.62</i>

Figura 5.2: Gastos del equipo para el trimestre de primavera.

	UNAM	Stanford	Combined
Total Project Budget	\$19,000.00	\$16,500.00	\$35,500.00
Total Project Budget – 15% buffer	\$16,150.00	\$14,025.00	\$30,175.00

Figura 5.3: Desglose por equipo del presupuesto aprobado.

Quarterly Expenses	UNAM	Stanford	Combined
Fall Quarter	\$122.00	\$519.35	\$641.35
Winter Quarter	\$108.00	\$3,004.02	\$3,111.92
Spring Quarter	\$7,782.00	\$5,701.62	\$13,483.62
<i>Total</i>	<i>\$8,012.00</i>	<i>\$9,224.99</i>	<i>\$17,236.89</i>

Figura 5.4: Desglose de gastos finales del proyecto.

### 5.2.3 Resumen de gastos en el periodo de primavera.

La estimación del presupuesto destinado al proyecto fue de \$19,000 dólares para el equipo de la UNAM y de \$16,500 dólares para el equipo de Stanford. Se consideró un margen del 15% para gastos imprevistos del proyecto, teniendo así un presupuesto total disponible de \$30,175 dólares. (Figura 5.3) Al término del proyecto los gastos totales se redujeron a \$18,224.99 dólares lo cual nos mantuvo satisfactoriamente por debajo del presupuesto estimado. (Figura 5.4)

### 5.3 Plan de trabajo

Durante el periodo de invierno el plan de trabajo fue planeado exclusivamente por los alumnos integrantes del equipo. Se jerarquizó la planeación de los tiempos destinados a la manufactura del prototipo final, dado el tiempo requerido para este.

De esta forma se delinearon minuciosamente las tareas y los tiempos requeridos para completar satisfactoriamente el proyecto en este corto periodo de tiempo. Buscando encontrar un plan de trabajo lo más claro, conciso y real como fuera posible.

Ya determinados estos tiempos se utilizó una tabla de Gantt para la mejor visualización de la ruta crítica del trabajo que se realizaría en este último trimestre. (Figura 5.5)

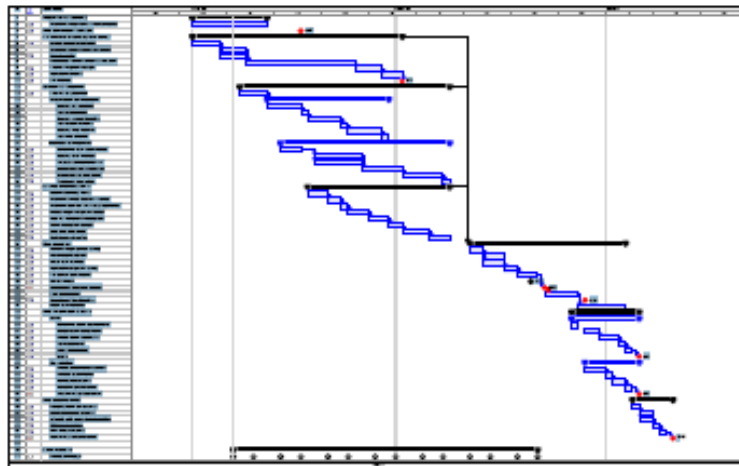


Figura 5.5: Diagrama del plan del trabajo del proyecto (Ver anexo).

## 5.4 Gestión de los recursos del equipo

### 5.4.1 Gestión de tareas.

Continuando con nuestro esquema organizacional del trimestre anterior, se designó a un moderador, el cual fue el encargado de monitorear el avance general del equipo para supervisar que el plan del trabajo se siguiera dentro de los tiempos acordados.

Las tareas de mayor importancia en el proyecto fueron jerarquizadas como tareas principales. Al identificar estas se designaron responsables (Figura 5.6). Las tareas definidas como tareas individuales, a cargo de un miembro del equipo se encontraron entonces bajo la supervisión del líder responsable de la tarea principal.

Task Name	Task Lead
X is Finished	Martin Garcia
Visualization Development	Heikki Juvonen
Interface Development	Tomas Alvarez
Secondary Sense	Gladis Arroyo
Final Assembly	Jason Reid
EXPE	Marco Lobato
Final Presentation	Andrew Chang
Final Documentation	Martin Garcia

Figura 5.6: Detalle de tareas principales y responsables.

### 5.4.2 Gestión de las habilidades del equipo

Se buscó la designación de grupos de trabajo especializados. Esta decisión se tomó para canalizar de manera correcta las habilidades de los integrantes del equipo logrando por medio del aprovechamiento de las capacidades e intereses de los integrantes, un grupo de trabajo más productivo.

Respondiendo a esto se hizo una recopilación de las habilidades de cada miembro del equipo para facilitar la formación de estos. (Figura 5.7)

Team Member	Skills
Tomas Alvarez	Electronic design, programming, SolidEdge, CNC
Gladis Arroyo	Fabrication, 3D modeling/rendering
Andrew Chang	SolidWorks, manual fabrication, ethnography
Martin Garcia	Musical/acoustical experience, CNC
Heikki Juvonen	Conceptualization, visualizations, ergonomics
Marco Lobato	Interaction design, prototyping, illustration
Jason Reid	Optics materials/controls research, machining

Figura 5.7: Habilidades e intereses de los miembros del equipo.

Así mismo, al coordinar la comunicación de los avances del proyecto entre los equipos globales se incrementó el desempeño del equipo.

### 5.4.3 Tareas Auxiliares

Además de las tareas ya definidas, distintas tareas de logística, comunicación y documentación, tenían que llevarse a cabo cotidianamente durante el transcurso del proyecto. La tabla siguiente ilustra estas tareas y a los responsables. A estas tareas se les llamó tareas auxiliares. (Figura 5.8)

<b>Auxiliary Task</b>	<b>Stanford Rep.</b>	<b>UNAM Rep.</b>
<u>Wiki Management</u>	Jason	Marco
<u>File Transfer</u>	Andrew	Tomas
<u>Recreational Planner</u>	<u>Heikki</u>	Martin
<u>Communication</u>	<u>Heikki</u>	<u>Gladis</u>
<u>Shipping</u>	Jason	Martin

Figura 5.8: Detalle de tareas auxiliares y responsables.

## 5.5 Gestión de los recursos humanos

### 5.5.1 Consultores

En el equipo de Stanford se contrataron dos ingenieros mecánicos como consultores auxiliares del proyecto para apoyar el desarrollo del hardware realizado en México. Ellos colaboraron en la parte técnica sin embargo no fueron integrados de manera directa en el equipo de trabajo.

Dos desarrolladores de software se encargaron de solucionar la plataforma de software requerida para la comunicación entre el hardware y los dispositivos de entrada del sistema, además del diseño de las visualizaciones requeridas.

De este último grupo mencionado un desarrollador de software se desarrolló en el equipo como consultor externo, el otro se integró completamente al equipo como especialista en software.

## 5.5.2 Contratistas

La fabricación de la cubierta del sistema se convirtió en un componente difícil de fabricar en el taller por el equipo, por lo cual se tomó la decisión de contratar a una compañía externa para la fabricación del mismo. Peak Plastics fue contratada para asegurar la calidad del componente en el tiempo requerido. Permitiendo al equipo concentrarse en otras tareas.

A su vez, fue indispensable la designación de un equipo de manufactura en México (Figura 5.9) junto con el apoyo de un programador que trabajó en un software, paralelamente al desarrollado en Stanford como precaución y para asegurar el funcionamiento de este en el prototipo final.

Gracias a que los siete miembros del equipo, eran estudiantes de mecatrónica en la UNAM, se contó con la experiencia y mano de obra calificada que tenía un entendimiento y conocimiento de las especificaciones y características de los componentes utilizados, haciendo más fácil la corrección de fallas y la solución de problemas encontrados durante el desarrollo de los componentes. De esta forma se lograron crear mejores rutas y estrategias de ensamble. Este equipo también colaboró en el diseño de las PCBs y en la subcontratación de la empresa mexicana que fabricó las mismas en Querétaro.

El rol principal del equipo de manufactura, fue responsable de la fabricación de los componentes electrónicos para el proyecto, inclusive los cables Ethernet utilizados (Figura 5.10), las PCBs (Figura 5.11), y las tarjetas de los controladores, las cuales también fueron fabricadas en México por un fabricante externo.

El equipo de manufactura integró puntos de revisión de calidad en su proceso, para reducir el número de componentes defectuosos y ahorrar tiempo al momento de realizar las pruebas finales de funcionamiento en el sistema ya ensamblado.

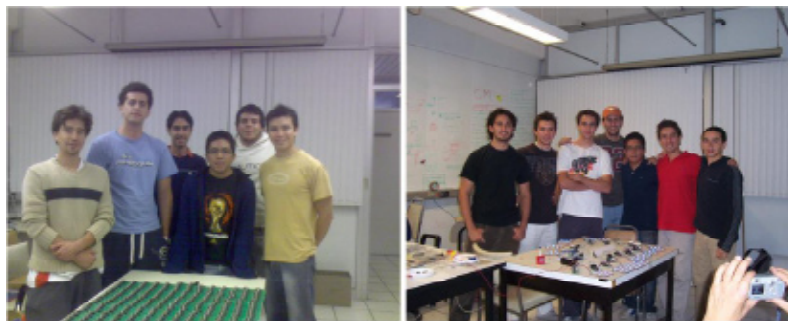


Figura 5.9: Equipo de manufactura de componentes electrónicos.

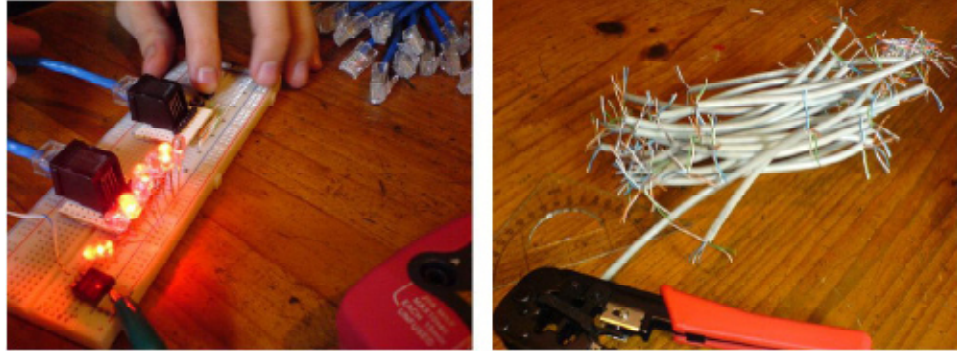


Figura 6.10: Dispositivo para el control de calidad en los cables fabricados.

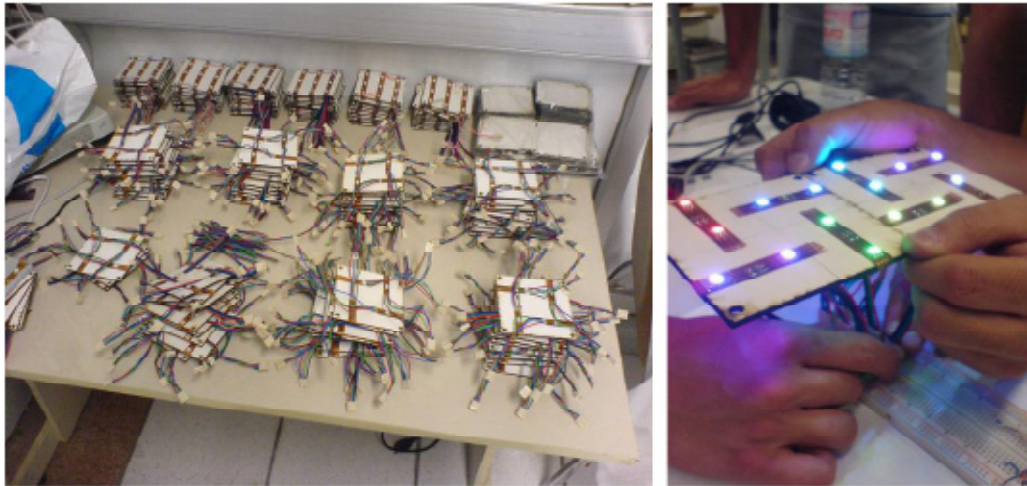


Figura 6.11: Píxeles ensamblados y pruebas de control de calidad.

## 6 Aprendizaje

Al final del proyecto y especialmente después de los diversos prototipos realizados, se acumularon lecciones muy valiosas, que fueron incrementando la experiencia colectiva del equipo, preparándonos para las entregas finales del proyecto y logrando satisfactoriamente el objetivo final del curso, el aprendizaje real, integrando las herramientas y conocimientos adquiridos a nuestro método personal de trabajo.

La planeación debería ser siempre una prioridad en un proyecto (Figura 6.1). Para llevar a cabo un buen plan de trabajo se requiere, planear con expectativas realistas, sin tratar de abarcar o cubrir tiempos que no se podrán cumplir. En dado caso, es preferible reducir las características o alcances del proyecto asegurando así la calidad, teniendo como resultado una propuesta trabajada, bien lograda y completa.

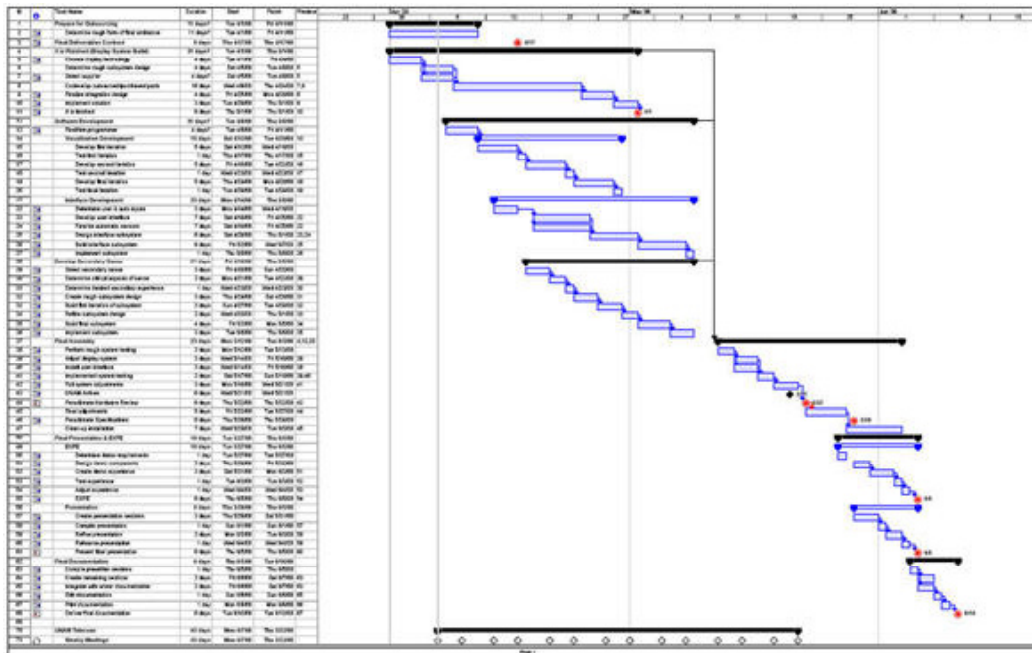


Figura 6.1: Plan de trabajo.

Es trascendental tener siempre claro el objetivo del proyecto, teniendo siempre presente, a donde se quiere llegar. Para ello es necesario que los prototipos y el trabajo de benchmarking se elaboren en paralelo,



explorando todas las posibles soluciones para mejorar la dirección final del proyecto. Documentar todas estas posibles soluciones y organizarlas de manera accesible para los miembros del equipo es muy útil. En este proyecto esto se hizo posible gracias a la construcción de una página wiki, este tipo de páginas formó parte de la metodología del curso (Figura 6.2).

The screenshot shows a web page for 'ENGINEERING 310 2007 - 2008'. It includes a search bar, a navigation bar with 'Volkswagen Home Page', and a main content area with a large image of a white VW car. The right sidebar contains a 'Public Page' section with a 'Course Menu' (Calendar, Assignments, Resources, etc.) and a 'Teaching Team Area' with a list of projects like 'AUDI handbook' and 'AUTODESK tools'.

Figura 6.2: Página principal de la wiki del equipo VW.

Herramientas de comunicación empleadas en el curso, como lo son los idealogs (Figura 6.3), la página wiki, el servidor, que permitía alojar toda clase de archivos en línea y las videoconferencias, ayudaron a vincular a los dos equipos de manera consistente y efectiva, mostrando el progreso del equipo semana a semana. Gracias a estas herramientas, la distribución de tareas y la discusión de los resultados del trabajo hecho, se realizaron de una manera más eficiente, manteniendo a los dos equipos trabajando siempre en la misma dirección.

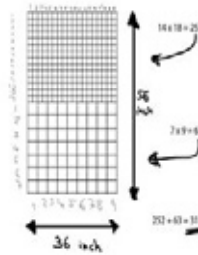
### Roof resolution.

- Roof proposal.

Since the poles can't go over the airbag for safety reasons, the interior roof measurements that we have to work with are 56 inches front to back, and 36 inches across side to side. So before you make any major design moves with the post dimensions, take this in consideration. There should be 2 inches space between the roof in all parts.

Attached is a proposal that would work with the correct measurements of 56 x 36 inches. This would provide the front passenger a high definition screen, and also stretch the display across the entire roof, providing more light and also having the possibility to control the direction of the light from front to back, making future effects more apparent. The change in post size would happen somewhat over the heads of the front passengers, making the large poles mostly unseen, but only having the impact of lighting.

With this layout, we would have 315 individual poles, which would be within the limit of 240 total connectors.



- Projects
  - AJCC handbook
  - ALFOOD&K tools
  - B&W storage
  - DB service
  - CM specs
  - EMERGE water
  - KODAK digital
  - P&M wear
  - SAP retail
  - SCIENCE control
  - VM consultants
- Paper Sites
- Project Information
  - Basic Editing
  - Wiki Help & FAQ
  - Project Manual

Figura 6.3: Comunicación por medio del Idealog.

Durante las conversaciones por Skype (Figura 6.4) siempre se toleró la participación de cada miembro sin crítica y dando apertura a que las ideas fluyeran. El estado emocional del equipo se vio siempre reflejado después del intercambio de ideas y del plan de acción acordado para el trabajo de cada semana. Esto sin duda fortaleció al equipo, ya que al cierre de cada conferencia, se discutían las impresiones que cada miembro del equipo tenía acerca de los problemas que se presentaban.

marco.lobato dice: 03/03/2008 09:34:46 p.m.  
they always expect for something more right?

Jason Reid dice: 03/03/2008 09:34:52 p.m.  
but we don't want to promise something we may not deliver

03/03/2008 09:35:00 p.m.  
that could pose trouble

03/03/2008 09:35:14 p.m.  
that's why if they'll accept a simpler contract, great

03/03/2008 09:35:28 p.m.  
they'll only be pleased that we've gone above and beyond

Andrew Chang dice: 03/03/2008 09:35:30 p.m.  
that and the contract is just a temporary one

03/03/2008 09:35:33 p.m.  
it changes

Jason Reid dice: 03/03/2008 09:35:36 p.m.  
don't think too much into the contract

03/03/2008 09:35:40 p.m.  
they approved it more or less

Tomas Alvarez Helis dice: 03/03/2008 09:35:59 p.m.  
all right, so i tell you what we are working on

Figura 6.4: Muestra de una conversación del equipo en Skype.

Dentro de las lecciones más importantes aprendidas durante la elaboración de prototipos, destaca la complementación del proceso del diseño por medio de la manipulación y elaboración de pruebas físicas de los materiales propuestos para la solución de un prototipo (Figuras 6.5 y 6.6). Esto favorece la comprensión del comportamiento del material y demuestra las hipótesis elaboradas acerca del funcionamiento del material. Esto es entonces, mucho más efectivo puesto que se pueden especificar los materiales adecuados para el prototipo, sustentando las decisiones con la experimentación directa.



Figura 6.5: Pruebas de materiales reflejantes.

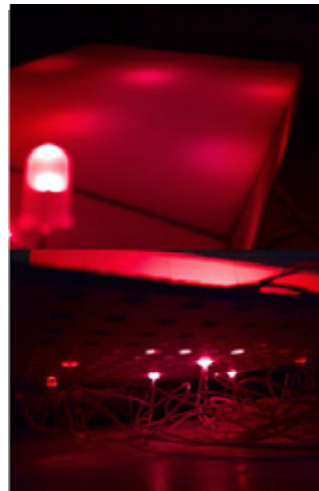


Figura 6.6: Pruebas de materiales difusores.

La gestión del trabajo elaborado por terceros y el aprendizaje del trato con estos fue un reto y enseñó al equipo a considerar los tiempos de retraso en el plan de trabajo. El equipo también aprendió de esta experiencia con los contratistas la importancia de una comunicación eficaz y de una lista de requerimientos detallada que permita obtener el trabajo deseado sin contratiempos.

Invertir tiempo en las pruebas de ensamble y montaje de los componentes elaborados por contratistas

(Figura 6.7) economizó tiempo crucial en esta etapa del proyecto, ya que las piezas no tuvieron que ser modificadas, optimizando así el proceso de manufactura del prototipo.



Figura 6.7: Montaje de la cubierta del sistema.

Las características del proyecto global, abrieron la oportunidad de realizar el prototipo de manera conjunta aún estando en dos países diferentes, esto permitió la posibilidad de manufacturar componentes en el país que fuera más económico. A pesar de los costos de envío, los componentes pequeños seguían siendo más baratos de manufacturar en México. A su vez se decidió que los componentes grandes se manufacturaran en California reduciendo así los costos de envío ya que el prototipo se ensamblaría en Stanford.

La efectividad en una presentación formal fue demostrada antes y durante la presentación final, esto fue comprobado por la retroalimentación de la audiencia. Dicha presentación (Figura 6.8) sirvió como la perfecta oportunidad para destacar los aspectos más importantes del proyecto, transmitiendo claramente las ideas y los conceptos involucrados detrás del proyecto.



Figura 6.8: Equipo VW durante la presentación final.

Después de una presentación efectiva, la demostración del prototipo no podía quedarse atrás. Haciendo de la demostración toda una experiencia interactiva, se le permitió a los visitantes de la feria EXPE probar el prototipo montado en el vehículo, el público asistente tuvo la oportunidad de ver el trabajo realizado, lo cual creó un efecto impactante. La forma de vender el producto al usuario final y al cliente es lo más importante. Los acabados del prototipo final dieron la impresión de un sistema completamente implementado e integrado, y no la de un simple experimento. Se diseñó la demostración final de modo que un gran número de personas pudieran interactuar simultáneamente con el proyecto, las distintas áreas de la demostración permitieron el manejo efectivo de los visitantes (Figuras 6.9 a 6.11).



Figura 6.9: Paneles interactivos para probar el sistema.



Figura 6.10: Muestras y presentación de los componentes del sistema.

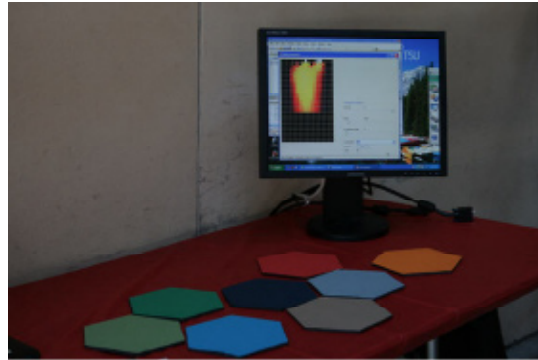


Figura 6.11: Monitor que mostraba la animación visualizada en el techo del vehículo.

Al realizar la demostración del sistema, se tomó la decisión de incrementar la intensidad de los efectos generados en segundo plano, ya que algunas características del sistema como la visualización en tiempo real, debería ser muy clara, se exageraron los efectos para que los visitantes comprendieran el concepto fácilmente.

Durante estas demostraciones el equipo se dio cuenta de cómo el lenguaje corporal y las expresiones de la gente, responden a más preguntas que se tienen acerca de la aceptación del prototipo, ya que su reacción a la sensación de la experiencia del prototipo es más real y espontánea. Esto nos enseñó la importancia de las pruebas de usuario.

La importancia de recalcar posibilidades futuras del sistema fue crítico al momento de vender el proyecto. Yendo más allá de la curiosidad, estas posibilidades reales hicieron al proyecto más atractivo para los clientes y para los usuarios finales (Figura 6.12).



Figura 6.12: Asistentes de la EXPE disfrutando de la experiencia Borealis.

El equipo diseñó y desarrolló un sistema que cubrió todas las expectativas y requerimientos del proyecto, siendo clave para el éxito, la naturaleza interdisciplinaria del equipo, que logró dirigir un proyecto, mediante un proceso de diseño llevado a cabo en dos países distintos.

La profundidad y variedad de lecciones mostradas, muestran la complejidad de un proyecto, que envuelve problemas, presiones y limitaciones del mundo real. Estas lecciones aprendidas y la habilidad que tuvo el equipo para enfrentar todo tipo de retos conforme se presentaban, son habilidades y aprendizaje que enriquecerán a todos los miembros del equipo por el resto de su vida profesional.



Figura 6.13: Equipo VW: (de izquierda a derecha) Jason, Lauri, Andrew, Daniel, Gladis, Marco, Heikki, Tomas, Martin, Andrew.

# CONCLUSIONES

De la metodología de diseño se infiere que a través de las diferentes técnicas de trabajo se obtuvieron resultados que beneficiaron al proyecto y aportaron nuevos conocimientos a los estudiantes.

El aspecto principal para un buen desempeño durante todo el curso es la **organización** tanto del proyecto como del equipo. Al tomar como factor primordial el trabajar en un equipo global a distancia, los horarios de trabajo y la comunicación se vuelven dos características fundamentales para concluir satisfactoriamente los alcances del curso.

Una de las ventajas de colaborar en un equipo multidisciplinario es el intercambio de ideas que enriquece el conocimiento a través de las diferentes habilidades que aporta cada uno de los integrantes del equipo.

La combinación de trabajo entre **ingeniería y diseño industrial** resulta fundamental para desarrollar conceptos y soluciones comunes a un mismo problema, volviéndose ambas disciplinas dependientes una de la otra. Al trabajar conjuntamente, se desarrolla una técnica de sustentación de ideas, volviéndose una habilidad elemental de los estudiantes para poder convencer y justificar las soluciones más adecuadas para el proyecto.

Otro aspecto importante a resaltar para el desarrollo del proyecto, son los espacios de trabajo de la **Universidad de Stanford y de la UNAM**, que ofrecen instalaciones y áreas específicas que facilitan la producción de proyectos creando un lugar óptimo para el trabajo en equipo.

El **intercambio** que se vive con las visitas de los **estudiantes a las distintas universidades** participantes, representa una experiencia que fortalece **el vínculo** entre los integrantes del equipo. Con esto, la comunicación se vuelve más práctica pues se convive en un ambiente creado por los mismos estudiantes, compartiendo gustos y conociendo diferentes ideologías personales y culturales.

Por otro lado, también se observaron diferentes características de trabajo entre la ciudad de Palo Alto, Ca. y la Ciudad de México, por ejemplo, la manufactura del proyecto tuvo una mayor eficacia en la Ciudad de México por los bajos costos de producción, así como también, debido a la extensa diversidad de fábricas y distribuidores de materiales.

Un factor determinante del curso son las **reuniones de trabajo** por medio de las cuales se obtiene retroalimentación entre profesores y alumnos. Una de las características de mayor importancia es que se consideran diferentes puntos de vista, generando diversas perspectivas para solucionar un mismo problema.



Este método de enseñanza pretende motivar a los estudiantes a pensar de diferentes maneras para **solucionar un problema en común, fundando un pensamiento activo de innovación.**

Otro método de enseñanza primordial es la **experimentación** física de las ideas generadas, es así, como se refuerzan o se refutan los conceptos establecidos y al mismo tiempo surgen nuevas ideas que serán también probadas. Este ciclo dinámico es una ventaja tanto para el proyecto como para el equipo, pues se generan interesantes ideas **al pensar de una forma no convencional**, donde el estudio y la investigación del proyecto se profundizan.

**La documentación realizada a lo largo del curso** es un instrumento fundamental en el proceso de diseño. Una característica importante del análisis del proyecto es mostrar los errores encontrados que sirven como experiencia útil para justificar los aspectos negativos y seguir explorando diversas alternativas. A través del razonamiento de las lecciones aprendidas se hacen conscientes las experiencias prácticas realizadas a lo largo del curso, generando habilidad de reflexión en los estudiantes.

En cuanto a la **relación entre la industria y el trabajo académico** es importante resaltar la experiencia profesional adquirida debido a que el proyecto se desenvuelve con clientes reales brindándoles soluciones reales. El método de trabajo entre la empresa y el equipo reforzó los requerimientos del proyecto, por medio de la delimitación de las necesidades y de los alcances específicos demandados por Volkswagen. Al mismo tiempo, las propuestas de nuevas ideas diseñadas por el equipo, generaron interés por parte del cliente, aportando variaciones y diferentes oportunidades para la solución final. De esta forma se creó una comunicación activa entre los estudiantes y la empresa.

El proyecto tuvo un resultado exitoso, logrado a través de un concepto que se buscó ávidamente generando una solución innovadora. Por la parte académica, los alcances del curso se cumplieron satisfactoriamente al concretar el problema principal establecido. Esto se logró a través de técnicas y herramientas de trabajo útiles como procedimientos de diseño para ambas disciplinas. Un ejemplo claro del método aprendido, es la **estrategia de diseño** que desarrolla cada equipo para los respectivos proyectos. La estrategia del equipo VW es un **ciclo iterativo de exploración** de nuevas ideas percibidas desde diferentes etapas del proyecto, que están **sustentadas con investigación y experimentación** a través de prototipos. Dicho esquema define una solución integral del proyecto combinando el proceso desde las pruebas iniciales hasta el desarrollo final.

El diseñar una estrategia dinámica, consolida la organización del proyecto, creando una herramienta de trabajo eficiente.

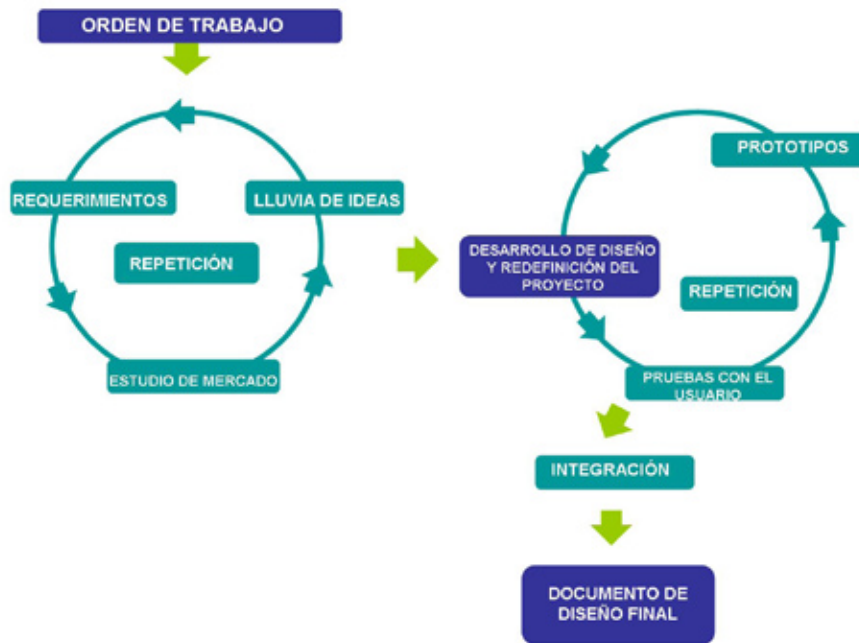


Figura 11. Estrategia de diseño del equipo VW

Por la parte empresarial, se establece el producto final como propiedad de la compañía que solicita el proyecto. El resultado fue de gran impacto para el cliente satisfaciendo las necesidades requeridas y el prototipo final, después de ser presentado en la EXPE, fue entregado a los representantes de Volkswagen para realizar pruebas de manejo con el sistema con el fin de evaluar su desempeño. La finalidad del proyecto sirve como un **concepto materializado** para el laboratorio de investigación de Volkswagen, con el cual se desarrollarán y explorarán diversas funciones utilitarias y visualizaciones de entretenimiento factibles para poder producir y comercializar el sistema en un futuro.

Desde la perspectiva general del curso, las aportaciones de los estudiantes se tornan vitales debido a la libertad para la creatividad de conceptos y toma de decisiones definitivas que se tiene durante el proceso de diseño. De esta manera, **el equipo es en cierto modo el líder del proyecto**, brindándoles a los estudiantes la oportunidad de dirigir el curso de forma autónoma.

El conocer y aplicar nuevos métodos y herramientas de trabajo generan seguridad de desarrollar e investigar proyectos de manera independiente. Así como también de mantener el interés por seguir adquiriendo conocimientos que involucren una visión a nivel global.

La metodología de diseño de la Universidad de Stanford está basada en la **participación multidisciplinaria** para lograr una transformación de la gestión, desarrollo y solución a problemas comunes. Esta técnica de trabajo ayuda a crear soluciones innovadoras al involucrar diferentes perspectivas de las distintas disciplinas vinculadas.

Como conclusión, el concepto de diseño se utiliza como una **herramienta intelectual** donde se **vinculan diversas profesiones** para generar soluciones creativas basadas en un pensamiento funcional del diseño.



# GLOSARIO

**B Benchmarking:** proceso de diseño utilizado para la investigación de mercado, productos análogos, homólogos y análisis de diversos procesos que sirvan para el desarrollo de diseño del proyecto

**C Cámara de vista superior:** cámara montada en el techo del vehículo que captura el video de la parte superior del vehículo y sus alrededores.

**CAN bus:** Red de control de área (del inglés Controller Area Network). Se trata de un protocolo de computadora y un aparato estándar diseñado para permitir la comunicación entre microcontroladores. El CAN bus Gateway se comunica con el CAN board para registrar información del vehículo.

**CAN bus Gateway:** tablero de circuito que puede estar integrado en la unidad de control eléctrico de un vehículo para acceder al registro de velocidad y unidades de medida del vehículo

**Circuito Eléctrico en serie:** componentes conectados entre sí, trabajan en secuencia.

**Consola central:** porción del tablero que se encuentra entre el conductor y el copiloto que generalmente contiene controles del clima y de entretenimiento.

**CPU:** Unidad de procesamiento central (del inglés Central Processing Unit) componente clave de un sistema de computadora, el cual contiene los circuitos necesarios para interpretar y ejecutar instrucciones de programas.

**D DMX-512:** protocolo de comunicación comúnmente utilizado en teatros y escenarios con luz.

**DPI:** Puntos por pulgada (del inglés Dots per inch). Medida métrica de la resolución de un sistema visual, con el cual se puede saber cuantos pixeles de una imagen controlados hay por pulgada cuadrada.

**E ECU:** Unidad de control eléctrica (del inglés Electronic Control Unit) tablero de la computadora que controla un vehículo

**Encuestas de usuarios:** cuestionarios realizados a usuarios para determinar necesidades específicas y el funcionamiento de un proyecto.

**Experiencia convertible:** experiencia que se vive al manejar un auto convertible

**Investigación de Mercado:** análisis del material de publicidad para conocer un producto

**LED:** Diodo de emisión de luz (del inglés Light Emitting Diode) fuente de luz

**Lúmen:** unidad de medida de la luz

**Luz UV:** luz ultravioleta que emite una longitud de onda específica, la cual permite que los objetos brillen.

**M Matriz:** tablero rectangular

**Mbox:** interfaz de computadora de audio para manipular el audio en tiempo real

**Mecatrónica:** campo de estudio que combina la ingeniería mecánica, eléctrica y de sistemas.

**Microprocesador:** circuito de computadora integrado que trabaja con todas las funciones de un CPU

**O OLED:** Diodo orgánico de emisión de luz (del inglés Organic Light Emitting Diodes)

**Paleta de color:** set de colores complementarios utilizado para diseñar gráficos.

**P Pilares A/B/C:** Postes del coche que soportan el techo interior, refiriéndose al “A” como el pilar frontal, al “B” el pilar medio y al “C” como el pilar posterior.

**Pro Tools:** espacio digital de trabajo de audio para producción de música

**Prototipo Funcional:** prototipo inicial que representa una primera idea del concepto final del proyecto

**Prototipo de Función Crítica:** prototipo fabricado para simular la función principal del proyecto.

**Prototipos Rápidos:** prototipos utilizados para probar algunos alcances indeseables para expandir y aumentar la creatividad del concepto de diseño.

**Q Quema-cocos:** ventana en el techo del coche que permite tener una vista de los alrededores superiores del coche

**R Requerimientos de diseño:** proceso por el cual se encuentran los aspectos básicos que demanda el usuario, necesarios para el proyecto

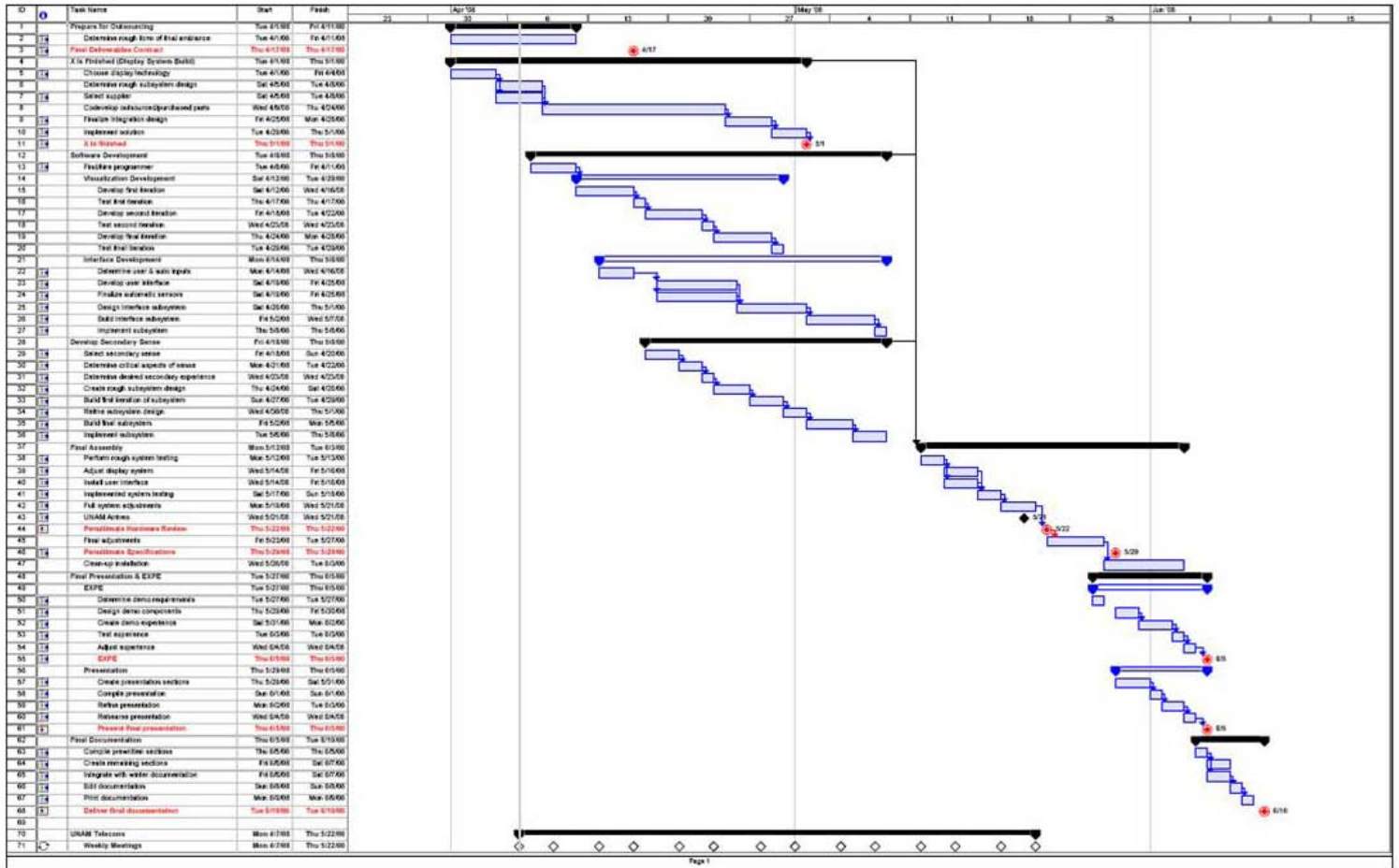
**RGB LED:** LED que contiene fuentes de luces rojas, verdes y azules, permitiendo proyectar una amplia gama de colores.

**T Tacómetro:** instrumento que mide las revoluciones por minuto

**V VSA:** Precaución automática vehicular (del inglés Vehicular Self Awareness). Dispositivo que tiene la habilidad de conocer los alrededores del auto a través de la integración y procesamiento de múltiples dispositivos que trabajan en tiempo real.

**Vehículos convencionales:** coches que tienen un techo sólido inmóvil.

## Programa de trabajo



# FUENTES DE INFORMACIÓN

## SITIOS WEB

- \_ <http://www.wikipedia.org>
- \_ <http://www.microsoft.com>
- \_ <http://www.musicoverly.com>
- \_ <http://www.colorhunter.com>
- \_ <http://www.degraeve.com/color-palette/index.php>
- \_ <http://www.google.com/ig>
- \_ <http://www.falstad.com/mathphysics.html>
- \_ <http://www.milkdrop.co.uk/>

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] FindLaw. Unlawful vehicle modifications. [http://public.ndlaw.com/tra\\_c-ticket-violation-law/tra\\_c-ticket-a%-z/unlawful-modi\\_cation.html](http://public.ndlaw.com/tra_c-ticket-violation-law/tra_c-ticket-a%-z/unlawful-modi_cation.html).
- [2] DMV of California. 2007 vehicle code. <http://www.dmv.ca.gov/pubs/vctop/vcpdf/vehcode.pdf>.
- [3] Corina Yen et. al. Volkswagen intelligent display: Fall design review documentation, 2006.