



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**INNOVACIÓN MECATRÓNICA EN EL DISEÑO  
CONCEPTUAL Y DESARROLLO DE CITEC, UN  
CIRCUITO TECNOLÓGICAMENTE ACTIVO**



**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**P R E S E N T A:**

**WALTER AUGUSTO BRAVO GUTIÉRREZ**



MÉXICO, D.F.

2014

## **INTEGRANTES DEL JURADO**

### **PROFESORES**

**Presidente:** Arq. Arturo Treviño Arizmendi

**Vocal:** Dr. Vicente Borja Ramírez

**Secretario:** Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

**1° suplente:** Dr. Leopoldo Adrián González González

**2° suplente:** Dr. Adrián Espinosa Bautista

Esta tesis fue desarrollada en:

CDMIT. Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

Facultad de Ingeniería

CIDI. Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Facultad de Arquitectura

Ciudad Universitaria

Universidad Nacional Autónoma de México

### **ASESOR**

Dr. Vicente Borja Ramírez

### **SUSTENTANTE**

Walter Augusto Bravo Gutiérrez

“Siempre más alto

Siempre más lejos

Como las águilas reales.”

**DANTE PRADO**

---

## AGRADECIMIENTOS

---

A mis padres, Baldomero y Verónica, por haberme llevado por el buen camino, por inculcar fuertes valores en mi persona y por ayudarme a ser quien soy, porque los admiro y me dieron la mejor educación. Por las noches de desvelo que pasaron ayudándome en mis locuras y porque sin su apoyo y confianza nada habría sido posible.

A mis hermanas, Mireille y Jérica, por haberme apoyado en toda situación, y en todo momento. Por no dejarme jamás rezagado y haberme obligado a ser mejor, porque su ejemplo me hizo llegar siempre más lejos, siempre más alto. Porque las quiero y sé que siempre estarán ahí para mí.

A mi novia, Tania Gabriela, por haberme tolerado en mis momentos finales de esta larga carrera, por haber estado siempre ahí, estudiando, trabajando, dibujando, cortando, bailando y cantando. Porque su apoyo es incondicional, y porque nunca olvidaré las tardes de trabajo con aroma a pan recién horneado.

A mi exjefa, amiga y compañera, Mónica, porque me hizo crecer como persona, porque siempre me ayudó a poner en perspectiva el trabajo y los estudios. Porque siempre confió en mí, y siempre me extendió una mano. Porque sé que ella estará ahí para mí en cualquier situación, y siempre podré sentir su apoyo y calor humano.

A mi jefe y amigo, René, porque me ayudó a salir de momentos difíciles, porque mostró genuino interés en mi bienestar y formación personal y profesional. Porque siempre aguantó mis horarios, mis ideas y mi forma de expresarlas. Porque con su apoyo pude ser mejor persona, y pude terminar mis estudios con la cabeza en alto.

A mi asesor, el Dr. Borja, porque confió en mí desde el principio, porque me recomendó para este proyecto y porque siempre presentó una cara amable a cualquier situación, y siempre esperó lo mejor de mí. Porque con él asenté las bases de lo que sería el final de mi carrera, y el camino que quería seguir en mi vida profesional.

A mi querida Dra. León, porque aprendí el valor humano de diseñar con ella, porque recordé cosas que hace mucho había olvidado viviendo en un esquema de ingeniería pura. Porque gracias a ella pude reevaluar muchos aspectos de mi vida, y siempre encontré palabras de afecto y aliento al hablar con ella.

Al Dr. Adrián Espinosa, por todo su apoyo antes, durante, y después de mi estancia de investigación en Riverside, y por el posterior apoyo en los trámites de titulación. Por ser un contacto de confianza y apoyo en un país lejano.

A mi profesor de Ética Profesional, Oscar Appendini, porque con él aprendí que nada era imposible, aprendí a valorar de una forma distinta a las personas y a generar conexiones. Aprendí el verdadero valor de vivir y compartir experiencias. Con él inicié una carrera que aún dista de terminar.

A mis amigos vagos, Felipe y Abraham, porque sus malas influencias siempre estuvieron presentes, por las experiencias que vivimos, por las noches que pasamos. Porque siempre fueron buenos compañeros y nunca me dejaron sólo. Porque saber que tienes una casa de confianza donde llegar siempre es invaluable.

A mis tres mejores amigas, Karina, Karen, Mari, porque hicieron mi vida más divertida y le agregaron nuevos matices. Porque pasé con ustedes momentos increíbles, porque conocí un mundo distinto a través de sus ojos. Porque con ustedes crezco y mejoro en cada momento.

A mis amigos de carrera, Rodrigo, por tantas materias que cursamos, por las conclusiones de que el hombre podía volar, por los pantalones de cortina, también a Andrei, por vivir cosas muy extrañas en la facultad y meternos a lugares de dudosa reputación. Maricarmen, por las aventuras, por las pláticas nocturnas, las noches de películas, por ser alguien con quien siempre puedes hablar. Lorena, por la buena amistad, los apuntes decentes y todos los chismes. Mario y Pitt, por la fiesta y perdición, por las ofrendas, las reuniones en casas y por Doña Pelos. Juan, no sé qué haces para que el metro se transforme cada que te subes, tal vez es por la barba. Cada uno de ustedes jugó algún papel importante en ciertos momentos de mi vida.

A mi prima Ana Eugenia, a Alicia, a Eric, a Mauricio, y a Alfonso, porque juntos formamos un gran equipo, porque surgieron muy buenas ideas y porque nos complementamos entre todos. Porque fue un trabajo muy divertido y llegamos a conocernos tanto personal como profesionalmente.

A mis tíos, Ana y Paco, porque siempre han estado pendientes de mis avances, porque me han apoyado cuando lo he necesitado y porque sé que puedo confiar en ellos para cualquier cosa. Porque han sido como una segunda familia.

A todo mi exequipo de block, Daniel, David, Ricardo, Aisha, Kike, y algunos más cuyos nombres no diré por riesgo de omitir alguno, porque cada uno de ustedes sabe en qué momento trabajaron conmigo, y cómo fueron influyentes en mi vida, por muchos muy buenos inventarios, excelentes comidas robadas, noches y tardes de películas, combos, rentas, granel, motos y demás. Fue un verdadero placer llegar a conocerlos.

A mi escuela formadora, el Oxford, por haberme brindado el conocimiento necesario para esta etapa, por haber sido cuna de nuevas relaciones, y por toda la gente que la forma, profesores, amigos, y directivos. Jamás olvidaré mis experiencias ahí, los proyectos, los retiros y los viajes, porque la formación fue de excelencia, y no sólo académica, deportiva y personalmente también. Me quedo con el recuerdo de la frase: “Un árbol de raíces profundas, que yace aquí para siempre”.

A todos los que siempre confiaron en mí, todas las personas que tocaron mi vida aunque sea por algunos instantes. Todos aquellos que ayudaron a hacerme quien soy, y a poder terminar esta primera etapa. Todos aquellos que aquí no están mencionados, pero que nunca olvidaré por sus risas, sus enseñanzas, sus consejos y hasta sus golpes.

Finalmente a mi Alma máter, a la Universidad, por ser cuna de líderes, incubadora de profesionistas y generadora de hombres y mujeres con sentido y dirección. Porque los cinco años que pasé por sus aulas, sus patios y todas sus actividades me alimentaron y transformaron. Porque hoy me siento una mejor persona, porque aún antes de iniciar mi carrera ya era parte de ella. También a la Facultad, pues a través de ella logré cumplir mis metas y expectativas, y hoy me levanto airoso y viendo hacia el futuro. Me llena de orgullo haber pisado el campus central de Ciudad Universitaria, y haber crecido con él.

---

## RESUMEN

---

CiTec empezó como una entidad sin forma definida, producto de las asignaciones de un curso (en el que participé extraoficialmente) que abarcaría dos semestres en una experiencia completamente interdisciplinar. El curso de Diseño de Nuevos Productos y Desarrollo Sustentable otorga a sus alumnos información necesaria para diseñar, sin perder de vista objetivos de sustentabilidad y desarrollo empresarial.

CiTec fue una idea que quería revolucionar ciertas zonas de Ciudad Universitaria, y tenía un objetivo claro: buscaba generar activación física en los estudiantes, académicos y trabajadores que pasan tiempo libre en Ciudad Universitaria.

A través de conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería mecatrónica se fueron descartando muchas opciones posibles de las tecnologías que se podrían utilizar en la versión final de CiTec, que concluyó satisfactoriamente en un prototipo de función crítica.

En este prototipo, a través de sensores ultrasónicos y un microcontrolador, se le permite al usuario disfrutar de los beneficios de la actividad física y el avance tecnológico. Los sensores requerían comunicarse con un sistema computacional, objetivo logrado a través de una interfaz, diseñada exclusivamente para CiTec, que además dio el toque final al proyecto. Logró hacer que los usuarios también pudieran comunicarse con el sistema CiTec de un modo personal y atractivo.

CiTec se presenta como modelo positivo de cambio para la recreación y activación física de sus usuarios, con alta aplicación industrial y un potencial de desarrollo increíble.

---

## TABLA DE CONTENIDO

---

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Introducción.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 1  |
|       | • Palabras clave: obesidad, enfermedades, activación física, espacios públicos, densidad poblacional, DF.                                                                                                                                                         |    |
| II.   | Objetivos y alcances.....                                                                                                                                                                                                                                         | 7  |
|       | • Palabras clave: Programas similares, estudiantes, académicos, trabajadores, UNAM, objetivos por área, objetivo general, entregables.                                                                                                                            |    |
| III.  | Antecedentes.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 13 |
|       | • Palabras clave: Videojuegos, realidad virtual, frontones de CU, DGADyR, metodologías de diseño.                                                                                                                                                                 |    |
| IV.   | Propuestas y desarrollo para la creación de circuitos de activación física.....                                                                                                                                                                                   | 23 |
|       | • Palabras clave: ERU 2030, DNP, DCI, Canvas, CiTec, Zonas, mapa general, gerencias                                                                                                                                                                               |    |
| V.    | Diseño mecatrónico y desarrollo de la estación de fuerza. Zona C.....                                                                                                                                                                                             | 42 |
|       | • Palabras clave: Definición del problema, diseño conceptual, ingeniería de detalle, diagrama de bloques, prototipo, producción, comercialización, esquemas de negocio, escaladora, interfaz, sensores, consumo energético, guión gráfico, propiedad intelectual. |    |
| VI.   | Conclusiones.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 81 |
|       | • Palabras clave: Resultados obtenidos, patrocinio.                                                                                                                                                                                                               |    |
| VII.  | Situación actual y trabajo a futuro.....                                                                                                                                                                                                                          | 84 |
|       | • Palabras clave: Reestructuración, nuevo equipo, escaladora exclusiva, interfaz v2, empresa.                                                                                                                                                                     |    |
| VIII. | Fuentes de información.....                                                                                                                                                                                                                                       | 88 |
|       | • Palabras clave: Libros, revistas, sitios web.                                                                                                                                                                                                                   |    |

---

## ÍNDICE DE TABLAS

---

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Valores IMC. [2].....                                                                    | 1  |
| 2. Objetivos específicos por área. (Elaboración propia)...                                  | 10 |
| 3. Entregables por área. (Elaboración propia)....                                           | 10 |
| 4. Diferentes clases de láser. [19].....                                                    | 19 |
| 5. Áreas de CiTec. (Elaboración propia).....                                                | 41 |
| 6. Necesidades y requerimientos Zona C: estación de fuerza. (Elaboración propia)...         | 44 |
| 7. Cotización tecnología para la estación de fuerza. Zona C. (Elaborada en abril 2014)..... | 68 |
| 8. Proceso constructivo: Parte 1. Área tecnología. (Elaborado en abril 2014).....           | 70 |
| 9. Proceso constructivo: Parte 2. Área tecnología. (Elaborado en abril 2014).....           | 71 |
| 10. Propiedad intelectual. (Elaboración propia).....                                        | 78 |
| 11. Consumo energético. (Elaboración propia).....                                           | 79 |

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Comparación entre la población total con sobrepeso en México en el año 2000 y en 2012. (Elaboración propia).....                                  | 2  |
| 2. Asociación entre la obesidad y daños a la salud. [7].....                                                                                         | 3  |
| 3. Comparación entre la población total del DF de acuerdo a su IMC en 2006 y en 2012. [8].....                                                       | 4  |
| 4. Aparatos de ejercicio en el bajo puente de Río Churubusco. (Fotografía: Walter Bravo).....                                                        | 5  |
| 5. Parque de bolsillo ubicado en Av. México y Centenario. (Fotografía: Walter Bravo).....                                                            | 5  |
| 6. Estructura general del entregable: tesis. (Elaboración propia).....                                                                               | 12 |
| 7. Mapa de los frontones. (Elaborado a partir de Google Maps [16]).....                                                                              | 14 |
| 8. Frontones abiertos. (Fotografía: Walter Bravo).....                                                                                               | 15 |
| 9. Frontón cerrado. (Fotografía: Walter Bravo).....                                                                                                  | 15 |
| 10. Logo ERU 2030. [17].....                                                                                                                         | 16 |
| 11. Evolución de las formas de jugar. (Elaboración propia).....                                                                                      | 18 |
| 12. Advertencia de uso. Nintendo® Wii™. [20].....                                                                                                    | 20 |
| 13. Zonas de CU. Arriba: 1. Ciudad Deportiva. 2. Campus Central. 3. Circuito de la investigación. Central: Los Frontones. Abajo: 5. REPSA. [25]..... | 24 |
| 14. De izquierda a derecha: Frontocinema, Jardín Sensorial, Activación Física. [27].....                                                             | 26 |
| 15. PFC: ERU. Arriba: Baldosas texturizadas y silueta. Abajo: Luciérnagas. [27].....                                                                 | 27 |
| 16. PFC: ERU. Arriba: Simulación de una aplicación. Abajo: Pruebas del tercer modelo. [27].....                                                      | 28 |
| 17. Generación del concepto CiTec. (Fotografías: Walter Bravo).....                                                                                  | 30 |
| 18. CiTec: Zona A.....                                                                                                                               | 31 |
| 19. CiTec: Zona B.....                                                                                                                               | 32 |
| 20. CiTec: Zona C.....                                                                                                                               | 33 |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 21. CiTec: Zona D.....                                                                                                               | 34 |
| 22. CiTec: Zona E.....                                                                                                               | 35 |
| 23. CiTec: Zona F.....                                                                                                               | 36 |
| 24. CiTec: Mapa completo. [30].....                                                                                                  | 37 |
| 25. Equipo CiTec. (Elaboración propia).....                                                                                          | 40 |
| 26. Logo CiTec. (Elaboración propia).....                                                                                            | 40 |
| 27. Diagrama de comunicación entre los distintos elementos del sistema dentro de la<br>estación de fuerza. (Elaboración propia)..... | 43 |
| 28. Capturas de pantalla de App Inventor para “CiTec Móvil”. ([Elaboradas a partir de<br>un proyecto propio [32]).....               | 47 |
| 29. Diseño conceptual de la estación de fuerza. Zona C. (Elaboración: Alicia<br>Esquivel).....                                       | 47 |
| 30. Diagrama de Gantt. (Elaboración propia).....                                                                                     | 48 |
| 31. Diagrama de bloques. (Elaboración propia).....                                                                                   | 49 |
| 32. Escaladora Dunlop Fitness. (Fotografías: Alicia Esquivel).....                                                                   | 52 |
| 33. Sensor ultrasónico HC-SR04. (Fotografía: Alfonso Lizárraga).....                                                                 | 52 |
| 34. Microcontrolador Arduino UNO™. (Fotografía: Alfonso Lizárraga).....                                                              | 53 |
| 35. Configuración del sensor ultrasónico. (Elaboración propia).....                                                                  | 54 |
| 36. Programación del microcontrolador Arduino™. (Elaboración a partir de un<br>proyecto propio).....                                 | 54 |
| 37. Secuencia de uso de la interfaz en imágenes. (Elaboración propia).....                                                           | 55 |
| 38. Fórmula IMC.....                                                                                                                 | 57 |
| 39. Peso ideal. [36, 37, 38].....                                                                                                    | 57 |
| 40. Harris – Benedict. [36, 37, 38].....                                                                                             | 58 |
| 41. Gasto calórico. [39].....                                                                                                        | 58 |
| 42. Reto escaladora. (Elaboración propia a partir de un recorrido virtual<br>proporcionado).....                                     | 59 |
| 43. Interfaz: Control de excepciones. (Elaborado a partir de un proyecto propio).....                                                | 61 |
| 44. Primer PFC: Escaladora. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel).....                                                         | 63 |

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 45. Primer PFC: Escaladora. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel).....                                        | 65 |
| 46. Primer PFC: Pruebas con usuarios. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel.<br>Usuario: Jorge Montiel).....   | 66 |
| 47. Primer PFC: Pruebas con usuarios. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel.<br>Usuario: Demetrio Valdez)..... | 67 |
| 48. Beneficios para el usuario. [41].....                                                                           | 72 |
| 49. Clientes potenciales. [41].....                                                                                 | 74 |
| 50. Beneficios para el cliente. [41].....                                                                           | 74 |
| 51. Esquemas de venta. [41].....                                                                                    | 76 |
| 52. Guión gráfico CiTec. (Elaboración propia).....                                                                  | 80 |
| 53. Equipo CiTec actual. (Elaboración propia).....                                                                  | 84 |
| 54. Visualización de la escaladora diseñada exclusivamente para CiTec. (Elaboración:<br>Eric Durán).....            | 85 |
| 55. Interfaz v2. (Elaboración a partir de un proyecto de Alfonso Lizárraga).....                                    | 86 |

---

## GLOSARIO

---

### Siglas

**CDMIT:** Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica.

**CIDI:** Centro de Investigaciones de Diseño Industrial.

**CiTec:** Circuito Tecnológicamente Activo.

**CMOS:** Complementary metal-oxide semiconductor (Semiconductor complementario de óxido metálico).

**DCI:** Diseño Colaborativo Interdisciplinario. Metodología de diseño que implica visiones de distintas disciplinas para un objetivo en común.

**DGACU:** Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria.

**DGADyR:** Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas.

**DNP:** Materia llamada Diseño de Nuevos Productos.

**DS:** Materia llamada Diseño Sustentable

**ERU:** Espacio Recreativo Universitario.

**GEI:** Gases Efecto Invernadero.

**IMC:** Relación obtenida de dividir el peso de una persona en kilos sobre el cuadrado de su talla en metros.

**IMPI:** Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

**INDA:** Instituto Nacional del Derecho de Autor.

**LASER:** Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación).

**OLED:** Organic Light Emitting Diode (Diodo orgánico de emisión de luz).

**PFC:** Prototipo de Función Crítica.

**PREP:** Programa de Recuperación de Espacios Públicos.

**REPSA:** Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

**RGB:** Red Green Blue (Rojo verde y azul).

**SUR:** Servicios Universitarios de Recreación.

**UAEMEX:** Universidad Autónoma del Estado de México.

## **Términos**

**Android:** Sistema operativo para teléfonos inteligentes y tabletas. Le pertenece a la corporación Google.

**App Inventor:** Plataforma para desarrollo de aplicaciones móviles en internet sin costo alguno, exclusivamente para el sistema operativo Android.

**Canvas:** Es un tipo de modelo de negocios utilizado en el método de DCI, que se desarrolla en un formato tipo tabla. Consiste en dividir en nueve áreas clave una empresa para poder estudiarla y estructurarla de mejor forma.

**Diagrama de Gantt:** Herramienta de trabajo donde se establecen distintas actividades de un proyecto en una línea de tiempo. Se establece la duración de cada actividad, además del orden en que serán realizadas. También se pueden agregar recursos disponibles a cada una de ellas. Usualmente se presenta en un diagrama que muestra duración, actividad, y fechas.

**Ejercicio aeróbico:** Se refiere a ejercicio de baja o media intensidad, donde el organismo requiere oxígeno para quema de hidratos y grasas, obteniendo así la

energía para realizarlo. Nadar, correr, trotar, caminar y algunos otros son buenos ejemplos. Mientras más oxígeno es necesario se estimula el sistema cardiovascular, mejorando así muchos de nuestros procesos internos. Se puede bajar de peso con este tipo de ejercicio.

**Ejercicio anaeróbico:** Se refiere a ejercicio de alta intensidad y muy poca duración. Se obtiene energía de los ATP musculares y glucosa. Cualquier ejercicio que requiera mucho esfuerzo en poco tiempo entra en esta clasificación, por ejemplo hacer pesas, correr a velocidad, entre otros. Este tipo de ejercicio sirve para tonificar músculos.

**Elementos actuados:** Se refiere a la inclusión de elementos físicos reales, que apelen a los sentidos de los usuarios, y que sean activados mediante un disparador virtual. Por ejemplo algún aroma, luz, sonido, activados mediante el sistema de la interfaz, y actuados en la realidad por algún tipo de dispositivo mecánico. Un ejemplo sería encontrar agua en la pantalla, y en la vida real el usuario podría sentir la sensación de humedad con una ligera brisa y tal vez algún olor característico.

**Ergonomía:** Es un campo multidisciplinar encargado de adaptar, evaluar, crear o diseñar productos, tareas y entornos hacia las capacidades, necesidades y deseos de las personas con el objetivo de incrementar su seguridad, y en segundo término buscar el bienestar de ellas.

**Facebook:** Red social virtual donde se pueden hacer publicaciones de cualquier tipo y verse en computadoras o dispositivos móviles. Está orientada a la vida diaria de las personas y a compartir momentos.

**Google Plus:** Red social virtual orientada hacia compartir momentos, experiencias, documentos y hacer sesiones de trabajo en grupo. Compite con Facebook, aunque tiene mucho menos usuarios. Google Plus pertenece a la corporación Google y es compatible con todos los servicios que la corporación ofrece.

**LEAN Manufacturing:** Se refiere a una filosofía utilizada en algunas empresas, originalmente propuesta por Toyota, en la que se busca eliminar todo desperdicio en cualquier proceso. Dependiendo del autor, se clasifican los desperdicios en distintas categorías, puede ser tiempo, distancia, relaciones, cantidad, y se busca la forma de eliminarlos.

**Metabolismo basal:** Se refiere a la energía mínima necesaria para realizar actividades como respirar, o la digestión, necesarias para nuestra supervivencia.

**Realidad extendida:** Se le llama así al concepto de agregar características informáticas o virtuales a actividades reales. Para este tipo de realidad se requiere de un visor con capacidad de proyectar cosas en sí mismo. Un ejemplo de realidad extendida sería observar a través de un lente un aparato, y que el lente mostrara información sobre el mismo, por ejemplo cuánto cuesta, qué es, y dónde se puede comprar.

**Realidad virtual:** Se le llama así al concepto de generar una realidad en medios informáticos. El usuario se adentra en esta realidad digital con actividades físicas conocidas. Usualmente se utilizan dispositivos o periféricos que permitan al usuario realizar los mismos movimientos que harían en la vida real, pero que ofrecen una respuesta en el mundo digital. Un excelente ejemplo sería un partido de tenis digital, donde el usuario tuviera como raqueta un control físico real.

**Six Sigma:** Modelo de trabajo donde a través de herramientas se busca obtener el máximo porcentaje de eficiencia en cualquier proceso. Six Sigma inició en Motorola y se divide en cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar, y controlar. Hoy en día se utiliza una certificación internacional, Green Belt (Cinta verde) o Black Belt (Cinta negra) para todos los colaboradores de una empresa que sean parte de este modelo.

**Twitter:** Red social virtual donde a través de mensajes cortos, no más de 140 caracteres, se transmite información. Usualmente se usa en dispositivos móviles. Está orientada más hacia trabajo e información que hacia la vida de las personas.

## **Propiedad intelectual**

**Actividad inventiva:** Se refiere a que la invención no sea obvia, a que exista un proceso de innovación y desarrollo detrás. Se define como aplicación del conocimiento humano en nuevas tecnologías.

**Aplicación industrial:** Quiere decir que la figura jurídica a registrar pueda comercializarse y generar dinero.

**Derechos de autor:** Protegen las obras realizadas en las artes, pintura, música, cine, etc., pero también protegen todas las obras de software realizadas.

**Diseño industrial:** Se divide en dos partes. Puedes proteger un modelo industrial, que sería una representación en 3D que dé lugar a un producto. También puedes proteger un dibujo industrial, que se refiere a las líneas, formas y colores en 2D que conforman un producto. En ambos casos no importa qué es, o cómo está hecho, importa que le de cierta peculiaridad a lo que representa.

**Marca:** Se registra el signo distintivo de una invención o producto. Hay varias formas de hacerlo: nominativa (un nombre o palabra), innominadas (un logotipo), mixtas (mezcla de las dos anteriores), tridimensional (forma ya conocida de un empaque o producto).

**Modelo de utilidad:** Se refiere a una forma novedosa de utilizar cosas ya existentes, puede ser con una configuración diferente a la tradicional. Conjunción de elementos usados para algo distinto a lo existente.

**Novedad:** Producto nuevo y único en el mundo. No debe existir nada igual. Un producto deja de ser novedoso un año después de que se empieza a usar; Es decir, si se quiere registrar algo, pero se puede comprobar (por medio de fotos,

publicaciones, etc.) que hace más de un año existía, ya no es novedoso por definición legal.

**Patente:** Una patente es un derecho exclusivo concedido a una invención, es decir, un producto o procedimiento que aporta, en general, una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema. Puedes patentar procesos, tecnología o productos.

**Tecnología:** Todo aquello que pueda solucionar un problema y traer un beneficio económico o social.

**Territorialidad:** Se refiere a la zona del mundo donde aplica el registro. Puede ser sólo México, o México y el resto del mundo.

**Tiempo de monopolio:** Vigencia durante la cual se puede tener exclusividad de una figura jurídica de protección intelectual.

---

## I. INTRODUCCIÓN

---

En el año 2000 el mundo sufrió grandes cambios. Se esperaban alteraciones económicas, sociales y de salud. Algunos supersticiosos incluso esperaban el fin del mundo a manos de las computadoras. Dentro de todos estos cambios empezó a notarse una conciencia mayor hacia la salud pública, así como un considerable incremento en vicios y malas costumbres. Esta contradicción a largo plazo causaría algunos de los problemas de salud que curiosamente se intentaban evitar desde entonces.

Uno de estos problemas es la obesidad, que aunque científicamente no se le puede considerar como una enfermedad infecciosa, algunos investigadores aseguran que el hecho de tener amigos cercanos con IMC indicativo de obesidad puede incrementar las probabilidades de padecerla en un 57%. Este valor se reduce a un número cercano al 40% si se trata de un padre o un cónyuge [1].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se considera sobrepeso y obesidad a la acumulación excesiva de grasa que puede afectar a la salud [2]. Existe un indicador simple de la relación entre peso y talla para identificarlos, llamado Índice de Masa Corporal. El IMC se rige por la siguiente tabla:

| Valores IMC                |               |
|----------------------------|---------------|
| Padecimiento               | IMC           |
| Desnutrición               | <18.5         |
| Cifras normales            | 18.5 – 24.99  |
| Sobrepeso                  | 25.00 – 29.99 |
| Obesidad grado I           | 30 – 34.99    |
| Obesidad grado II          | 35 – 39.99    |
| Obesidad mórbida/grado III | >40           |

Tabla 1. Valores IMC. [2]

En el año 2000 se estimaban 30 millones de personas con IMC arriba o igual a 25, de estos 30 millones 18.5 tenían sobrepeso y 11.4 padecían obesidad [3]. Las proyecciones llevaron a creer que para el año 2010 la obesidad iba a prevalecer en un escenario conservador sobre 8 millones y en un escenario extendido sobre 14 millones de mexicanos [4], sin

embargo estas proyecciones se quedaron cortas. La última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición realizada en el año 2012 estima en la población mexicana alrededor de 26 millones de adultos con sobrepeso y 22 millones con obesidad [5].

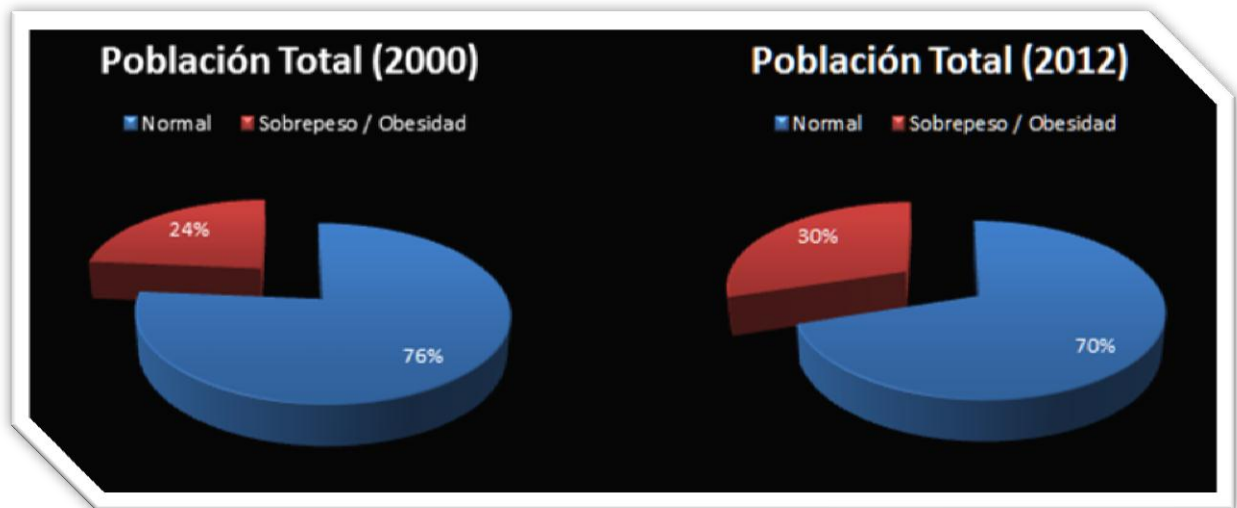


Fig. 1. Comparación entre la población total con sobrepeso en México en el año 2000 y en 2012.

(Elaboración propia)

El acceso a internet para la población en general ha crecido los últimos años. El gobierno y algunas instituciones privadas se han valido de este recurso para dar amplia difusión a mensajes y publicidad. Hoy en día se puede encontrar mucha información sobre control de peso, una correcta alimentación y los daños causados por malos hábitos. Se estima una reducción de aproximadamente 5.4 millones de personas en grado de obesidad contra lo que se proyectaba en 2006 [5]. Sin embargo internet también ha permitido una vida un poco más sedentaria, y dependiente de muchos dispositivos que han despersonalizado el trato humano, haciendo incluso posible una vida totalmente digital.

El comportamiento sedentario y los pobres hábitos alimenticios son parte de las principales causas de obesidad. Consumimos grandes aportes energéticos, que se quedan en nuestro cuerpo. Sin la realización de cualquier actividad física esa energía no puede ser liberada o transformada, creando así depósitos de grasa que provocan el aumento de

peso. La obesidad no produce daños a la salud severos por sí misma, sin embargo aumenta los factores de riesgo relacionados con una serie de enfermedades crónico degenerativas. Estas enfermedades pueden causar fuertes daños a nuestro cuerpo, en su mayoría permanentes e irreversibles.

Se pone especial atención a la diabetes mellitus, enfermedad que progresivamente va atacando todo el cuerpo. Se define a la diabetes mellitus como un grupo de trastornos metabólicos con marcada hiperglucemia resultante de defectos en la secreción de insulina, acción de la misma o ambas. Se asocia esta enfermedad con daño a largo plazo de muchos órganos y tejidos como son los ojos, riñones, sistema nervioso, corazón y sistema circulatorio [6].

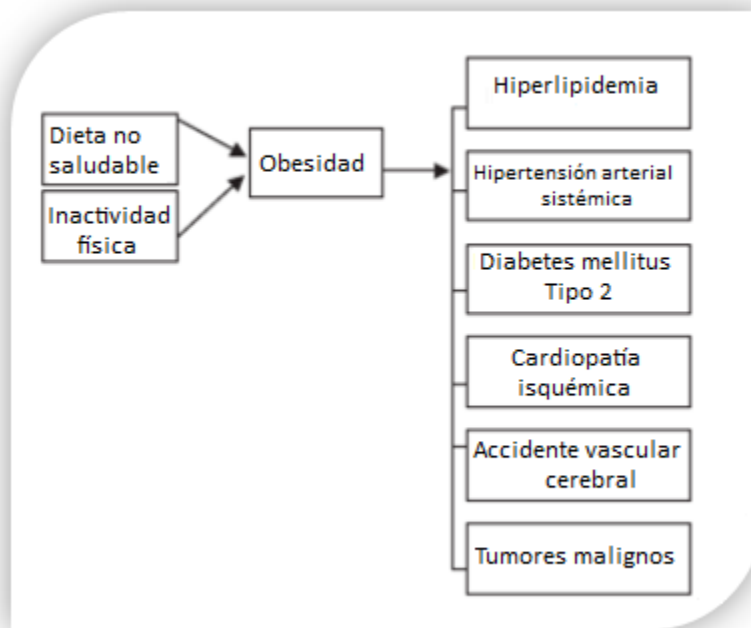


Fig. 2. Asociación entre la obesidad y daños a la salud. [7]

La Ciudad de México, habitada aproximadamente por 20 millones de personas durante sus horas activas, es donde se inicia el caso de estudio de este trabajo. Se eligió un sector de la población, hombres y mujeres de 20 años o más, para ser analizado. En la siguiente figura se puede ver una comparación (2006 vs. 2012) que muestra el estado de nutrición del total de esta población de acuerdo a su IMC [8].

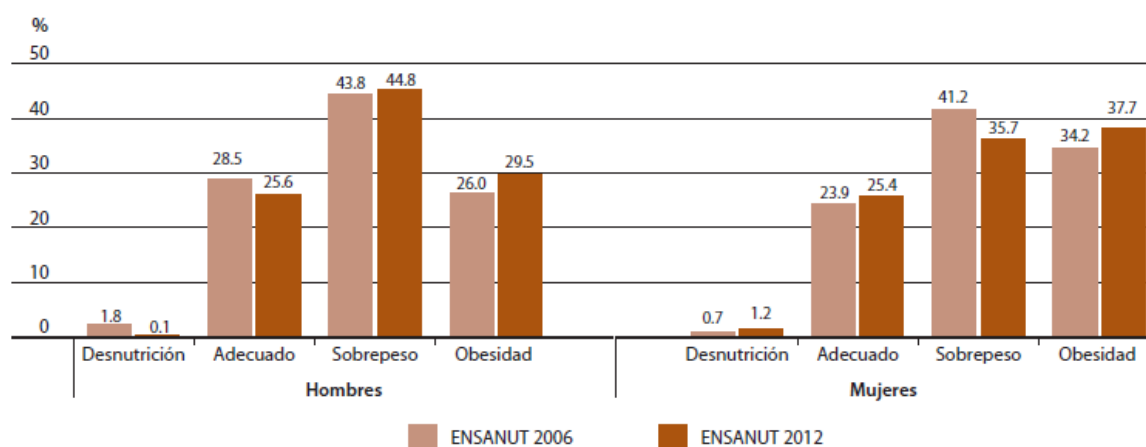


Fig. 3. Comparación entre la población total del DF de acuerdo a su IMC en 2006 y en 2012. [8]

Con residencia permanente en el Distrito Federal tenemos más de 8 millones de personas, y una densidad demográfica de más de 5000 personas por kilómetro cuadrado, comparado con el resto del país que tiene en promedio 57 personas por kilómetro cuadrado [9]. Tomando estos datos en consideración, nos damos cuenta de la importancia de los espacios públicos y privados en nuestra ciudad.

Muchos esfuerzos se han realizado para atacar e intentar erradicar la epidemia de obesidad, además de la recuperación de dichos espacios, siendo uno de los mayores programas, el realizado durante la pasada administración del DF sobre la recuperación de espacios públicos, o PREP.

El proyecto involucra acciones sociales con un beneficio a la comunidad. Se espera recuperar espacios públicos en condiciones de delincuencia, contaminación por desechos, deterioro o abandono.

En coordinación con otro programa “Parques de bolsillo” se puede ver un ejemplo de espacio recuperad en Av. México esquina con Vicente Guerrero, o en los bajo puentes renovados recientemente de Río Churubusco.

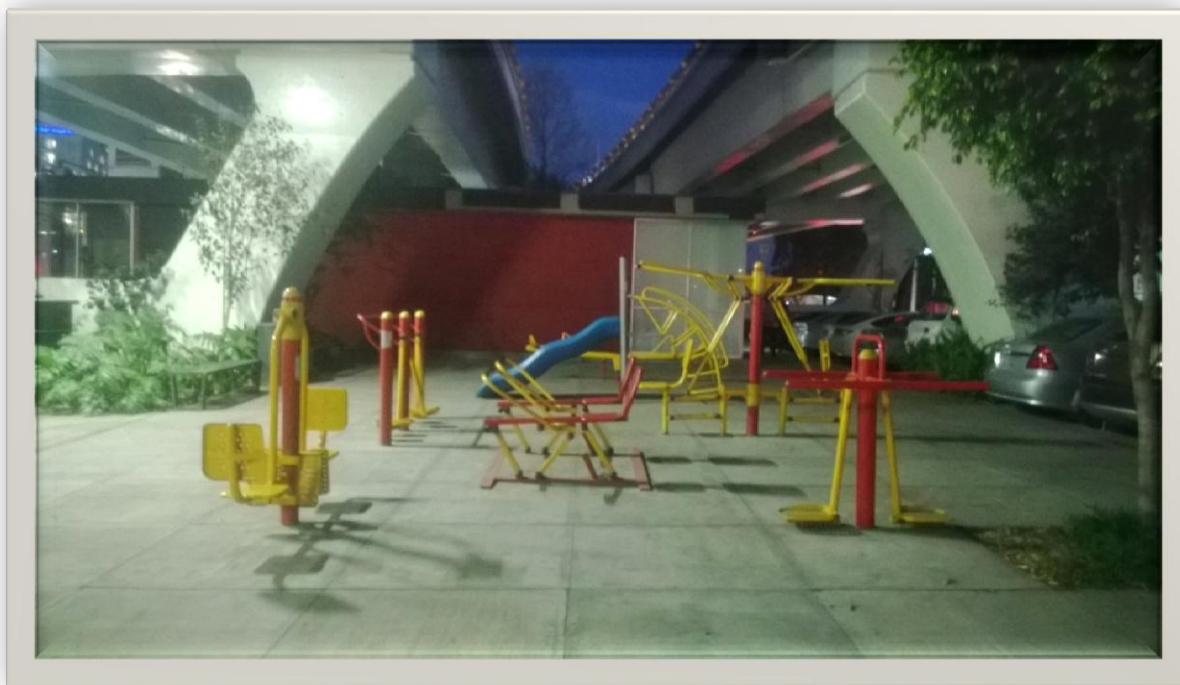


Fig. 4. Aparatos de ejercicio en el bajo puente de Río Churubusco. (Fotografía: Walter Bravo)

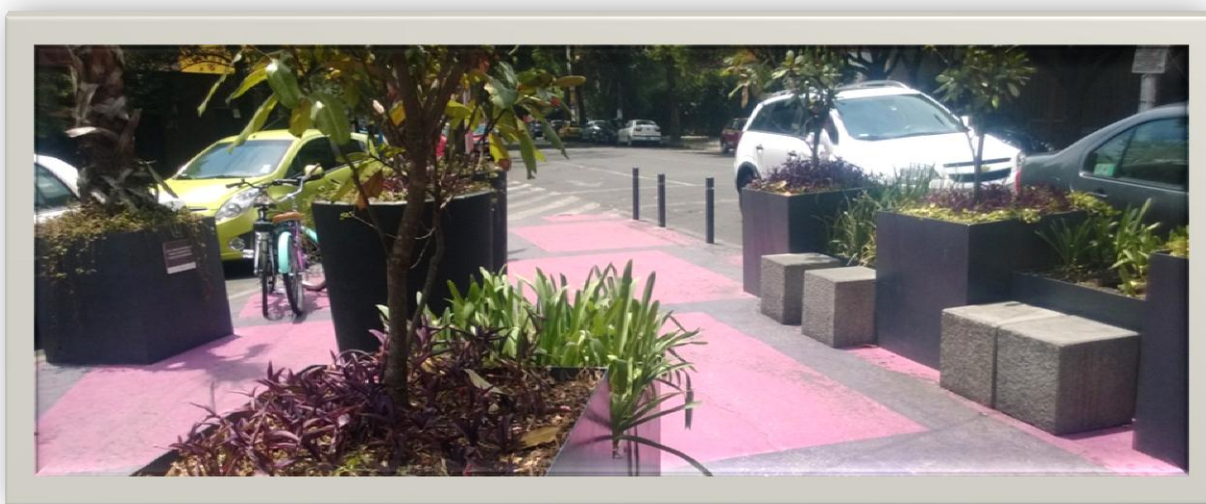


Fig. 5. Parque de bolsillo ubicado en Av. México y Vicente Guerrero. (Fotografía: Walter Bravo)

Otro punto crucial de CiTec es la activación física y su relación con la salud mental. En un artículo publicado por investigadores de algunas universidades en California, Estados Unidos, se mencionan los beneficios de estar activo físicamente y en afectación directa con trastornos psicológicos, como lo son: depresión, ansiedad, psicosis, alcoholismo, abuso de sustancias, habilidad para resolución de problemas, entre otros [10].

Se habla de una disminución en el abuso de sustancias, alcoholismo, e incremento en habilidades cognitivas, debido al reemplazo de malos vicios con la costumbre de hacer deporte constantemente. Si se empieza a seguir un horario, o rutina, puede derivar en la generación de hábitos así como en una mejora en habilidades de organización y una vida más disciplinada.

Para lograr una vida con actividad física constante, cuando ésta no ha sido parte de la educación elemental, se debe buscar un factor que pueda incitarte a iniciar. Pasado el inicio, los resultados son inmediatos: existe una necesidad y gusto de seguir haciéndolo. Una mala activación física, alguna actividad que ponga en riesgo la seguridad del usuario (por ejemplo provocando lesiones), podría generar el efecto adverso, alejando a la persona de cualquier aparato, o actividad al aire libre o deporte. CiTec busca aprovechar las tecnologías existentes en el mundo moderno, y explotarlas en beneficio de los usuarios, generando una actividad física atractiva e interesante.

En el capítulo dos se hablará de los objetivos que CiTec persigue, su relación con programas ya existentes, entregables, y alcances esperados. En el capítulo tres se habla sobre programas universitarios actuales, zonas en condiciones adversas dentro de CU, así como otros dispositivos llevan CiTec a la realidad.

En el capítulo cuatro se define a CiTec como proyecto multidisciplinario, con áreas específicas abordadas como equipo. En el capítulo cinco se habla sobre el proceso de diseño desde el área de tecnología de una de sus estaciones. En el capítulo seis se habla sobre las conclusiones alcanzadas por ingeniería, y resto de disciplinas involucradas. En el capítulo siete se menciona la situación actual y trabajo a futuro. Finalmente se pueden encontrar todas las fuentes de información utilizadas en el capítulo ocho.

---

## II. OBJETIVOS Y ALCANCES

---

El objetivo general de este proyecto, nombrado CiTec, es diseñar un espacio recreativo para la comunidad universitaria que fomente la activación física del usuario a través del uso de tecnología en un ambiente natural. Se utiliza la tecnología como estímulo, dándole un mayor interés al hecho de iniciar cualquier actividad deportiva. Lo que se busca es hacer entretenido y divertido el comienzo, para que el usuario continúe después por su propia cuenta.

Los objetivos específicos que se plantean para el área de tecnología, a cargo de ingeniería, son los siguientes: realizar un vínculo entre todas las áreas de CiTec, crear un sistema de control que permita flujo de información bidireccional en tiempo real, y crear una interfaz que permita al usuario comunicación con el sistema CiTec.

CiTec comparte su objetivo general con otros programas implementados en nuestro país. Varios de ellos son de carácter nacional y derivados del programa “Actívate, Vive Mejor” que fue inaugurado en 2008. Un extracto del discurso inicial dado por el entonces Presidente Felipe Calderón, muestra los objetivos compartidos con CiTec, y puede leerse a continuación: “El Programa Nacional Actívate, Vive Mejor, busca corregir poco a poco un problema cultural; el hecho es, que rara vez o quizá nunca nos enseñaron, nos disciplinaron a todos a hacer ejercicio o a practicar alguna actividad física, ¿qué vamos a hacer en este tema? [...] Así haremos del ejercicio una forma cotidiana de convivencia familiar y aprovecharemos el potencial del deporte para tender puentes que unan a nuestra sociedad.” [11].

Además de este programa, existen otros dos implementados en el DF en años recientes. El primero llamado “Muévete y Métete en Cintura” tiene como objetivo generar un amplio movimiento social informado y organizado para promover estilos de vida saludables, a través acciones de orientación alimentaria y fomento de la actividad física [12]. El segundo fomenta la activación física responsable a través de aparatos de ejercicio instalados en todos los parques de la ciudad, así como en espacios públicos recuperados por el

programa mencionado en el capítulo anterior, PREP. Estos aparatos de ejercicio funcionan con el peso propio de los usuarios, y teóricamente cuentan con un instructor certificado en ciertos horarios. La tarea de este instructor es prevenir el mal uso de los equipos, y lesiones en los usuarios. Se han visitado en diferentes horarios estos aparatos en distintos puntos de la ciudad, no encontrando al instructor designado en ninguno de ellos.

CiTec tiene una meta muy ambiciosa, es la de llegar a la mayor cantidad de gente posible. En México los jóvenes y adultos con edades entre 15 y 64 años componen más del 60% de la población [13]. Todas estas personas, viniendo de orígenes muy variados, se encuentran en condiciones óptimas para utilizar CiTec, sin embargo no se limita a esas edades. Dependiendo del módulo de CiTec a estudiar, se podrá hablar de una edad mínima o máxima. En el capítulo cuatro se describen los módulos referidos aquí.

CiTec comienza con Ciudad Universitaria, y el DF como primeros casos de estudio. La población activa de CU es en términos generales estudiantes de 20 a 40 años, estudiantes que pasan una gran parte de su tiempo dentro de CU. A todos estos estudiantes se les ofrecerá una actividad nueva e interesante que pueda atraerlos a la activación física por parte de CiTec, sin embargo no limitante únicamente a este proyecto. Una vez lograda la activación, estos estudiantes podrán conocer, si es que no lo hacían ya, el resto de los programas que la UNAM les ofrece.

También en CU existe una política de apoyo a sus trabajadores y académicos. Toda esta fuerza laboral no queda excluida de los alcances de CiTec. Siendo personal activo de la UNAM, el beneficio de uso del aparato también los ampara, y así como los estudiantes, pueden emplear un poco de su tiempo libre en activación física.

Aunque el principal esfuerzo está pensado en los habitantes de CU, CiTec también puede alcanzar empresas privadas o de gobierno. Más adelante se hablará sobre las diferencias en los modelos de negocio, así como en el diseño de cada módulo o estación de CiTec, ya que éste cambiará dependiendo del área de oportunidad con la que CiTec trabajará. Uno de los objetivos de la mayor parte de las empresas hoy en día es perfeccionar la formación

laboral de sus empleados con un ambiente digno, agradable, además de complementar la formación integral de los trabajadores. CiTec podría entrar al mercado haciendo una convergencia de ideas, ofreciendo un espacio recreativo sano y saludable.

A diferencia de la mayor parte de los programas mencionados en este capítulo, CiTec se presenta como autosuficiente, inteligente e independiente. Se espera que CiTec no necesite de un instructor calificado para garantizar la seguridad en su uso, al contrario, fomentará el uso responsable de los equipos por parte de los usuarios, y generará en ellos una conciencia de autovigilancia, autoaprendizaje y la aceptación de nuevos retos. Las personas que utilicen los aparatos proporcionados por CiTec deben marcar un cambio en sus vidas, y deben explotar al máximo sus posibilidades. Será inteligente porque responderá acorde a cada usuario. Independiente porque no necesitará de un horario específico para su utilización. CiTec pretende reformar los espacios y a las personas, estos cambios o reformas, vendrán intrínsecos con el uso constante de CiTec, y serán posibles a través de las tecnologías empleadas.

Para lograr el objetivo principal del proyecto general CiTec se deben poder alcanzar también objetivos específicos por cada área en la que fue subdividido el mismo. CiTec se divide en 5 áreas de conocimiento: Diseño industrial, Diseño mecánico, Arquitectura de paisaje, Tecnología y Diseño gráfico. En la siguiente tabla (Tabla 2) pueden observarse dichos objetivos.

Cada área está representada por un alumno de distintas disciplinas. El área de tecnología corre a cargo de Walter Augusto Bravo Gutiérrez, perteneciente a la carrera de ingeniería mecatrónica, y es el área de referencia para este documento.

Se consideran además algunos entregables por área (Tabla 3), definidos por distintos asesores de cada una de las personas involucradas. Todo entregable pasó por distintos procesos de pensamiento, algunos como parte de cooperación interdisciplinar, y otros definidos individualmente.

| Objetivos específicos por área                                                                                                                            |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Área:                                                                                                                                                     | Diseño industrial |
| Aportar los conocimientos del área de diseño industrial en la propuesta de diseño final presentada ante la DGADyR                                         |                   |
| Diseñar una parte de la propuesta final que pudiera ser demostrado mediante la realización de un PFC (Módulo escaladora)                                  |                   |
| Área:                                                                                                                                                     | Diseño mecánico   |
| Aportar los conocimientos del área de ingeniería mecánica en la propuesta de diseño final de un dispositivo denominado para el primer PFC como escaladora |                   |
| Diseñar los sistemas mecánicos involucrados en este dispositivo para poder garantizar un cambio de resistencia física en sus diferentes modos de uso      |                   |
| Área:                                                                                                                                                     | Paisaje           |
| Definir el concepto espacial de CiTec en sus tres dimensiones: formal, funcional y su significado                                                         |                   |
| Diseño de los elementos compositivos del espacio abierto que integren e interactúen con el conjunto                                                       |                   |
| Establecer los criterios de diseño necesarios para el emplazamiento de CiTec y sus seis estaciones                                                        |                   |
| Área:                                                                                                                                                     | Tecnología        |
| Realizar un vínculo entre todas las áreas de CiTec                                                                                                        |                   |
| Crear un sistema de control que permita flujo de información bidireccional en tiempo real                                                                 |                   |
| Crear una interfaz que permita al usuario comunicación con el sistema CiTec                                                                               |                   |
| Área:                                                                                                                                                     | Diseño gráfico    |
| Aportar los conocimientos del área de diseño gráfico para crear la identidad del proyecto CiTec                                                           |                   |
| Generar un mapa visual de cómo serán las aplicaciones de los primeros PFC                                                                                 |                   |

Tabla. 2. Objetivos específicos por área. (Elaboración propia)

| Entregables por área                                                                                     |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Área:                                                                                                    | Diseño industrial |
| 3 propuestas de solución conceptuales previas a la propuesta final                                       |                   |
| Simulador del módulo escaladora                                                                          |                   |
| Área:                                                                                                    | Diseño mecánico   |
| Planos de proyecto escaladora                                                                            |                   |
| PFC módulo escaladora                                                                                    |                   |
| Área:                                                                                                    | Paisaje           |
| Proyecto del diseño arquitectónico paisajístico de la Zona C. Estación de Fuerza.                        |                   |
| Proyecto ejecutivo de la Zona C. Estación de Fuerza.                                                     |                   |
| Inclusión de las plantas nativas de la REPSA y el Valle de México existentes en vivero UNAM al proyecto. |                   |
| Área:                                                                                                    | Tecnología        |
| Interfaz del sistema CiTec                                                                               |                   |
| Instrumentación y control de una estación del circuito CiTec                                             |                   |
| Área:                                                                                                    | Diseño gráfico    |
| Identidad visual del proyecto CiTec                                                                      |                   |
| Mapa visual de la interfaz del sistema CiTec                                                             |                   |

Tabla 3. Entregables por área. (Elaboración propia)

Este documento es considerado un entregable tácito, que para hacer el reporte de las actividades realizadas durante los pasados meses se encuentra dividido en dos fases.

La primera fase descrita en el capítulo IV. *Propuestas y desarrollo para la creación de circuitos de activación física*, habla sobre la posibilidad de crear espacios donde pueda realizarse algún tipo de actividad física con continuidad entre sí. Habla sobre un primer proyecto, ERU 2030, y una primera versión de módulos, o estaciones de un circuito en forma. Para poder desarrollar de mejor manera ese circuito se crea un concepto nuevo, CiTec; la participación del área de tecnología en este punto es importante, pues a manera de colaboraciones esporádicas ayuda a dar forma al concepto general. Cuando CiTec se materializa, el área de tecnología se incluye formalmente en el equipo, e inicia la segunda fase del proyecto; esta segunda fase se encuentra descrita en el capítulo V. *Diseño mecatrónico y desarrollo de la estación de fuerza. Zona C*.

En la segunda fase el área de tecnología se hace responsable de encontrar una solución viable para el desarrollo de la estación de fuerza que siga los objetivos de CiTec descritos en la primera parte de este capítulo (II. *Objetivos y alcances*) y sigue un proceso de diseño casi tradicional para lograrlo.

Inicia con la definición del problema, después se consideran las necesidades del cliente, y son convertidas en requerimientos; sigue el diseño conceptual de una posible solución, y se establecen tiempos de entrega en un diagrama de Gantt; en la sección de ingeniería de detalle, se hace un diagrama de bloques del sistema y sus subsistemas, donde se consideran entradas, salidas y factores externos; en la sección de prototipos se demuestra la función crítica; en producción se habla de costos, y del proceso constructivo; en comercialización se habla de ventas y precio; en una sección extra (otras consideraciones), se habla de la propiedad intelectual, el consumo energético, y se incluye un guión gráfico para ejemplificar el uso. Es importante mencionar que para este entregable no se incluyen planos específicos, o mucha información a mayor detalle, debido a que es un trabajo en desarrollo, con posible explotación comercial.

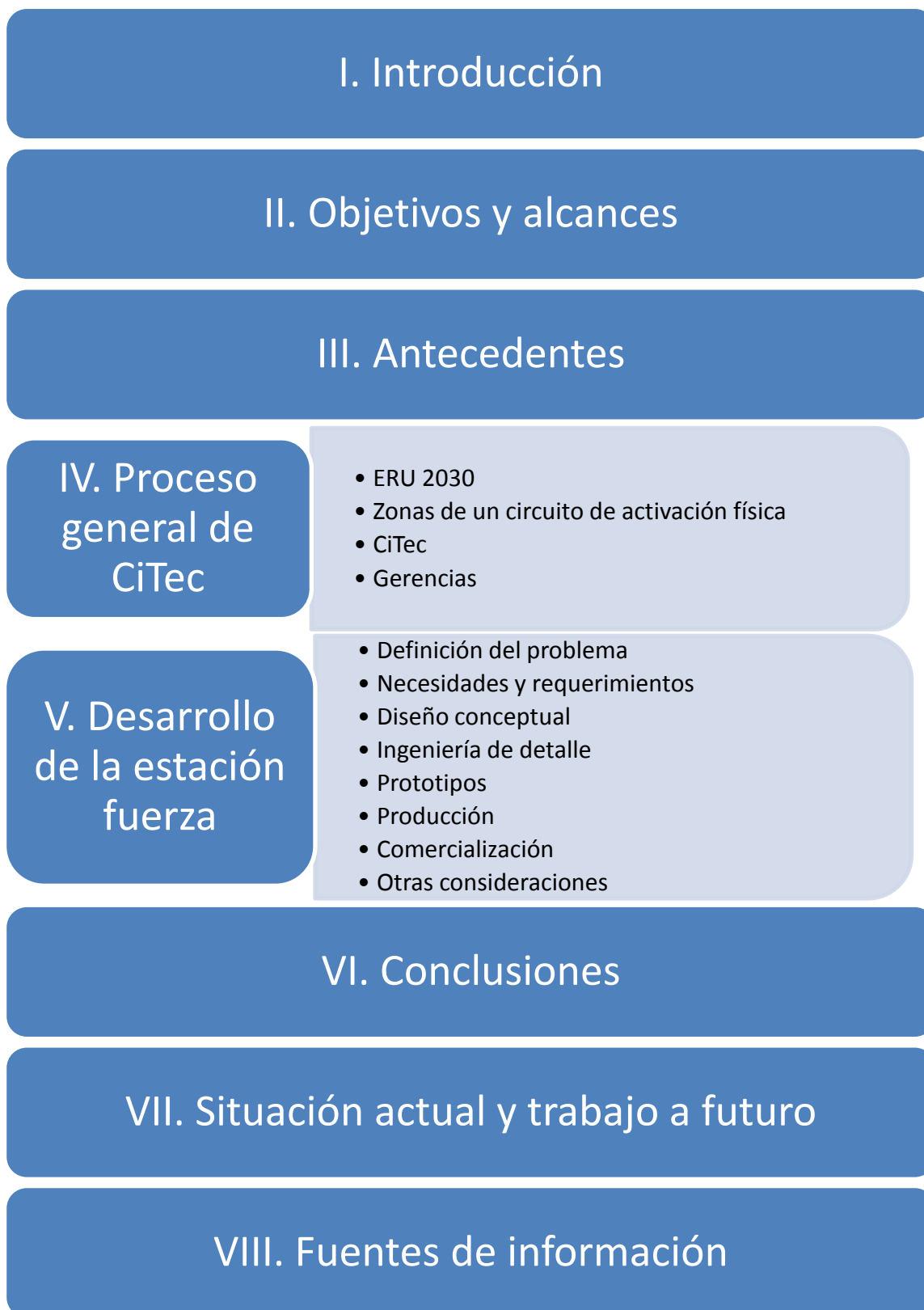


Fig. 6. Estructura general del entregable: tesis. (Elaboración propia)

---

### III. ANTECEDENTES

---

La Universidad Nacional Autónoma de México está clasificada como una de las mejores a nivel internacional y la mejor a nivel nacional. Además de la educación de vanguardia, y excelencia académica, dentro de la UNAM podemos encontrar diferentes ofertas culturales, académicas, y deportivas. Año con año se destinan recursos para estos fines, siendo precisamente la oferta deportiva una de las más grandes. Las instalaciones con que cuenta CU son bastante variadas y ocupan gran parte de su terreno. Como estudiante tienes acceso a diferentes programas, la mayor parte de ellos financiados y operados por la DGADyR.

Los Servicios Universitarios de Recreación (SUR), son un conjunto de actividades que buscan el impacto social, por medio de la aplicación de técnicas recreativas novedosas, orientadas a normar el criterio de uso del tiempo libre, tanto cotidiano como de fin de semana, de la comunidad universitaria, en el propio espacio formador [14].

Algunas de estas actividades se realizan en horarios fijos semanales en diferentes lugares de Ciudad Universitaria, poniendo especial atención a “Viernes Recreativo Puma”, promovido por DGACU en coordinación con DGADyR. Todos los viernes en Ciudad Universitaria se instalan dentro de la zona de frontones diferentes carpas donde se prestan SUR. Se elige el viernes para ello ya que representa un día libre en la mayor parte de los universitarios, es un día que puede tomarse como descanso, y uno en el que pocas personas tienen tareas que atender al día siguiente. Se hace mención de este hecho debido a la cantidad de gente que participa este día, es mucho mayor que la que participa en programas de esta índole entre semana.

Diariamente cientos de personas practican alguna de las 41 disciplinas diferentes [15] que ofrece la UNAM de manera profesional (fútbol soccer y americano, gimnasios), sin embargo una de las instalaciones más altamente concurridas es la de la Alberca Olímpica, mezcla entre recreativo y profesional.

CiTec surge como una sinergia entre todo tipo de actividades. Toma un poco de la actividad lúdica y talleres ofrecidos por la DGADyR, un poco de las actividades deportivas que se pueden encontrar en las canchas y alberca, así como la esencia de las actividades relacionadas con la salud y bienestar personal que se pueden realizar en los gimnasios. Estas actividades se combinan con el espacio abierto, y una disposición espacial cuidadosamente planeada. Al atacar todos estos frentes se espera una gran demanda de personas que quieran divertirse mientras realizan algún tipo de actividad física con beneficios personales.

Existen muchas zonas dentro de Ciudad Universitaria donde la implementación de CiTec sería benéfica. Una de las cuales ya forma parte parcialmente de “Viernes Recreativo Puma”. La zona de frontones de CU se encuentra en la parte sur del campus. Está conformada por cuatro frontones, de los cuales tres están abiertos a todo público, sin embargo uno de ellos está fuera de límites.

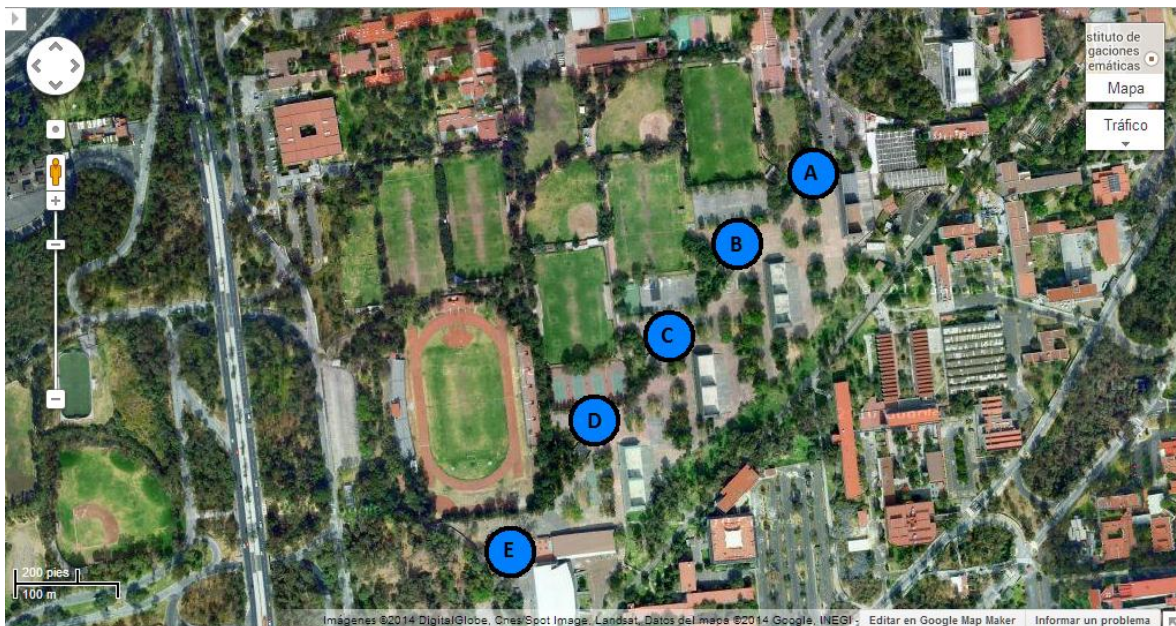


Fig. 7. Mapa de los frontones. (Elaborado a partir de Google Maps [16])

Uno de los frontones se encuentra en espacio controlado por personas ajenas a la administración de la UNAM o cualquiera de sus sindicatos. Personas que utilizan ese espacio para realizar actividades ilícitas, además de para su propia diversión.

Es un espacio cerrado con tablas de madera, y con acceso al público restringido. Al estar controlado por terceros, se convierte en un foco de problemas sociales y físicos. No es raro encontrar basura, desperdicios y drogas cerca del frontón cerrado.



Fig. 8. Frontones abiertos. (Fotografía: Walter Bravo)

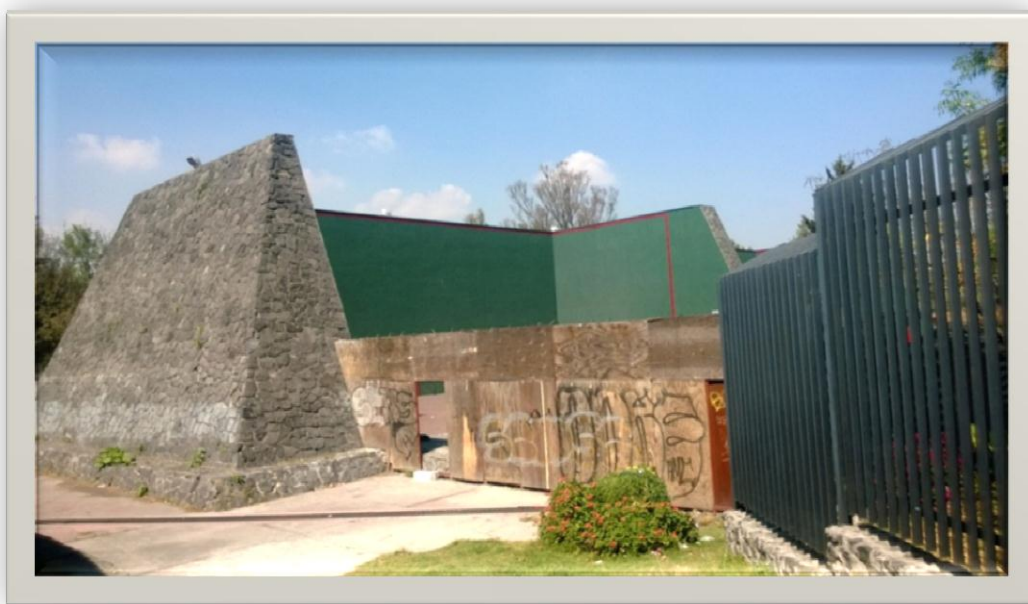


Fig. 9. Frontón cerrado. (Fotografía: Walter Bravo)

CiTec fue derivado de un proyecto previo, llamado Espacio Recreativo Universitario 2030 o ERU 2030. Un equipo interdisciplinar de 9 personas cuya misión era transformar el espacio para mejorar la calidad de vida de los universitarios [19]. ERU contaba con tres ejes principales, autovigilancia, energía generada por los usuarios, y actividades recreativas.

- Autovigilancia. Algunos espacios serían reformados físicamente, puede ser a través de remodelaciones o inclusión de nuevos elementos como luces, pantallas, bocinas, etc. Estos espacios requieren diferentes cuidados y mantenimiento. Normalmente el mantenimiento sería brindado por trabajadores de la UNAM, sin embargo se esperaba que los usuarios del espacio se hagan responsables del mismo, y ayuden en mantenerlo en excelentes condiciones, tanto por sus propios méritos como cumpliendo la función de vigilancia para evitar que terceros hagan mal uso de él.
- Actividades recreativas. Se refiere a diferentes disciplinas, como artes marciales, gimnasia al aire libre, malabarismo, talleres de conversación, talleres de lectura, entre otras. Todas estas actividades pueden realizarse dentro del ambiente universitario de forma segura, proveyendo de entretenimiento y sana diversión a todos los usuarios.
- Energía generada por los usuarios. Además de las actividades recreativas se proponía la creación de cambios en el espacio orientados específicamente a la estimulación de los sentidos. La energía necesaria para hacer funcionar este tipo de cambios, se buscaba fuera generada por los usuarios a través de dispositivos de ejercicio, colocados en la base de cada punto de reunión, o incluso en algún gimnasio cercano, siempre que se pudiera hacer la instalación eléctrica necesaria ya sea por tierra o por aire para realizar la conexión entre el gimnasio y estos puntos.



Fig. 10. Logo ERU 2030. [17]

En un principio ERU fue pensado para el año 2030. ¿Por qué el 2030? El 2030 representa una herramienta exploratoria probable. Al pensar en un proyecto que reforme completamente el espacio universitario, deben tomarse en cuenta muchos factores adicionales al diseño, concepto y fabricación de los dispositivos involucrados. Se deben considerar factores sociales, ambientales, de paisaje, normas, personas involucradas, presupuestos. Además de todo lo ya mencionado, si el proyecto pretende realizarse dentro de Ciudad Universitaria se debe recordar el no tan reciente nombramiento del campus central de la UNAM como Patrimonio Mundial, este nombramiento involucra nuevos elementos y reglas que deben respetarse.

“Con el objetivo de construir un panorama amplio sobre los espacios recreativos a escala local, regional y global se investigaron diversas tendencias proyectadas en el 2030. Los temas seleccionados fueron salud, ambiente, economía, educación, política, demografía, urbanismo, cultura y tecnología. El 2030 se consideró como una proyección adecuada por la información publicada existente, por ser un lapso de tiempo suficientemente lejano para tener cambios tecnológicos, políticos, demográficos... pero que al mismo tiempo da la libertad de plantear soluciones innovadoras. “Es una especulación con cierto control, sin caer en el terreno de la fantasía.”(Treviño, 2013)” [18].

ERU 2030 fue evolucionando con el paso del tiempo en propuestas más concretas, más sólidas, y con resultados a corto plazo. Algunas de las ideas que originalmente tenía ERU 2030 fueron reemplazadas, otras fueron olvidadas, y unas cuantas más transformadas. A pesar de que oficialmente el Equipo ERU 2030 original se transformó y cambió algunos miembros a los que hoy en día es CiTec, CiTec no pierde la esencia original de ERU 2030, e incluso podría caer dentro de sus propuestas. CiTec hoy en día representa una transformación del espacio universitario, pero a través de activación física con uso de tecnología.

No es la primera vez que un grupo de investigadores propone la activación física a través de la tecnología. Fueron las empresas de videojuegos quienes recientemente decidieron explotar este mercado en un intento de cambiar la forma de jugar a la que el mundo

estaba acostumbrado desde su creación y comercialización en los años 80. La concepción original de los videojuegos implicaba una pantalla, y un videojugador sentado en frente de ella. La separación que existía entre videojugador y pantalla estaba limitada a la extensión máxima del cable que unía al controlador con la consola. A través de las primeras tecnologías inalámbricas esta separación pudo hacerse un poco más grande, permitiendo a la persona estar en posiciones más cómodas y más lejos de la televisión. Pero la tendencia se mantuvo, los videojugadores pasaban largas horas sentados frente a la televisión, en una actitud absolutamente sedentaria.

El primer intento realizado para romper esta monotonía fueron los tapetes de ejercicio y de baile caseros, eran tapetes que obligaban al usuario a pararse para utilizar sus videojuegos. Este modo de juego obligaba al usuario a levantarse de su sillón, sin embargo lo hacía únicamente durante la partida de juego. El siguiente paso que fue tomado en primer momento por la compañía Nintendo®, fue el de la creación de una nueva consola, donde los controles serían inalámbricos y presentarían una revolución a la forma de jugar.

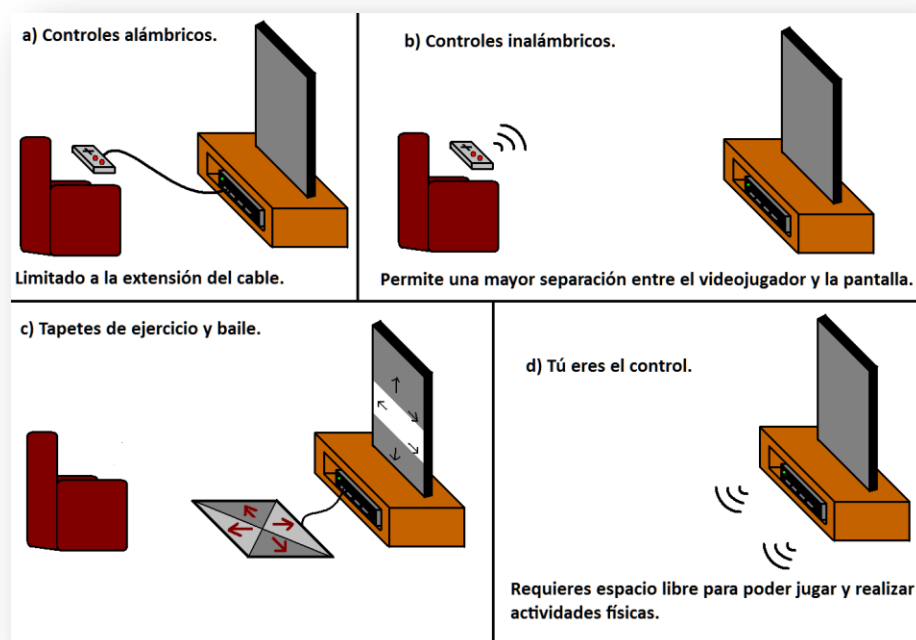


Fig. 11. Evolución de las formas de jugar. (Elaboración propia)

Después de Nintendo® Wii™ otra empresa desarrolló una tecnología aún superior en cuestión de detección de movimiento y posterior transducción para convertirlo en movimiento real digital. Microsoft® a través de su consola de videojuegos Xbox 360™ patentó y comercializó la tecnología Kinect™, que utiliza un proyector de láser Clase 1, no peligroso para el usuario (Tabla 4), un sensor de infrarrojos, y un sensor CMOS para RGB, para crear una imagen virtual de sus jugadores, que dentro del escenario del videojuego, realiza o imita los movimientos del jugador real.

| Diferentes clases de láser |                                                                                                                                                                       |                                                                  |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Clase                      | Características                                                                                                                                                       | Clasificación                                                    |
| I                          | Productos láser seguros en su utilización dentro de los límites razonablemente previsibles. Potencia menor a 0.4 [mW].                                                | No existe peligro directo por radiación.                         |
| II                         | Si se ve directamente se cree suficiente la reacción de un ser humano a retirar la vista de un objeto brillante para su protección. Potencia entre 0.5 [mW] y 1 [mW]. | No existe peligro directo por radiación en una exposición breve. |
| IIIa                       | Puede representar peligro dependiendo de las condiciones. Potencia entre 1 [mW] y 5 [mW].                                                                             | Peligro potencial por ver el haz directamente o reflejado.       |
| IIIb                       | Requiere cuidado especial de las zonas de reflejo y aplicación. Potencia entre 5 [mW] y 500 [mW].                                                                     | Daño seguro si se ve el haz directamente o reflejado.            |
| IV                         | Requiere el máximo cuidado. Potencia mayor a 500 [mW].                                                                                                                | Puede provocar incendios, daños en la piel. Extrema precaución.  |

Tabla 4. Diferentes clases de láser. [19]

El éxito de estas empresas de videojuegos se debió a la simulación virtual de situaciones poco accesibles para el público en general. Apelan al factor psicológico, llevando al videojugador a un mundo de escenarios donde puede realizar distintas actividades sin salir de su casa.

Esta revolución al modo de juego tuvo algunos problemas desde un inicio, concretamente en el caso Nintendo® Wii™. Los videojugadores no estaban acostumbrados a realizar actividades físicas mientras jugaban. Cuando Nintendo® ofrece la nueva consola hubo muchos problemas con el controlador, los jugadores envueltos en la emoción soltaban el

controlador. Con esto dañaban la tele y el espacio a su alrededor. Para evitar una cantidad terrible de demandas, Nintendo® ideó una solución muy práctica; fue la de incluir correas en sus mandos, y una serie de advertencias sobre la necesidad de apretarlas firmemente en la muñeca, y mantener un radio libre de juego alrededor de cada jugador (Fig. 12).



Fig. 12. Advertencia de uso. Nintendo® Wii™™. [20]. El texto dice en la parte inferior: *Coloca y aprieta el amarre de muñeca. Sostén el Wii™ Remote firmemente y no lo sueltes. Usa el Wii™ Remote Jacket.* Y en la parte superior dice: *Permite un espacio de juego adecuado a tu alrededor.*

Para el tiempo en que salió Xbox 360™, ya existía una cultura de juego combinada hasta cierto punto con la realidad. Kinect™ únicamente representó un problema de espacio, más no uno de uso. El sensor Kinect™ requería para funcionar correctamente más espacio que el espacio disponible en la mayor parte de las casas y cuartos donde los usuarios ponían su consola. Además Kinect™ requiere un espacio totalmente libre de mesas de centro, muebles y cualquier otra cosa. Como resultado miles de dispositivos manufacturados por terceros salieron a la venta, todos consistían en un par de lentes que modificaban el radio de funcionamiento del láser, resultando en la posibilidad de jugar en espacios reducidos.

Productos como Nintendo® Wii™ y Xbox™ Kinect™ pasan por muchas etapas antes de llegar a su fase comercial. Muchas veces empiezan como ideas locas o radicales. En el proceso de diseño muchas verdades parecen reinventarse. La forma de llegar a este tipo de productos e ideas innovadoras está bien estudiada y puede replicarse a partir de ciertas teorías y apuntes sobre creación y desarrollo de productos, experiencias, o una combinación de todo lo anterior. Se utilizan metodologías conocidas de diseño, aplicadas en múltiples situaciones. Concretamente se mencionarán tres teorías de diseño influyentes para este trabajo de tesis.

La primera es la de diseño enfocado en las necesidades del cliente o el usuario, expuesta por Karl Ulrich en su libro *Diseño y desarrollo de productos* [21] escrito en colaboración con Steven Eppinger. En esta teoría de diseño se busca satisfacer a plenitud los requerimientos de cada cliente, evitando de esta manera la esclavitud ergonómica. Se entiende por esclavitud ergonómica a toda aquella acción que hace a un cliente adaptarse al producto que utiliza en lugar de que el producto se adapte al cliente. Probablemente esta teoría de diseño surge considerando antiguas historias sobre un individuo griego, Procusto, que según cuentan, invitaba a forasteros a pasar la noche en su casa. Si la cama era demasiado grande para el forastero, Procusto estiraba las piernas de la persona. Si al contrario, el forastero era demasiado grande para la cama, Procusto procedía a cortar sus piernas. Procusto hacía diseño a la medida, aunque se caracterizaba su diseño por la toma de decisiones arbitrarias y violentas. Es un claro ejemplo de la esclavitud tecnológico-ergonómica que Ulrich y Eppinger intentan evitar.

La segunda teoría de diseño a considerar introduce un concepto difícil de traducir y de explicar, el llamado “Design Thinking” [22], constantemente utilizado y traído a la realidad por el equipo IDEO, una firma de creación e innovación de productos con sede en Palo Alto, California, E.U. Se dedican a la creación de productos, experiencias, espacios, y medios digitales a través de un novedoso método de 5 pasos, con número infinito de iteraciones, y casi siempre con las soluciones en mente. La diferencia de este método con el tradicional de Ulrich radica en el concepto: “Design Thinking”. Una forma burda de traducirlo es como *Diseñar pensando*. Este concepto invita a aprender con las manos,

aprender de estar creando constantemente; utilizando esta metodología hay muchas ideas rápidas, existe un caos controlado. Podría decirse divergir, y converger, hasta llegar a la solución final. A diferencia de otros autores, aquí se busca la interdisciplinariedad constantemente.

Finalmente existe otra teoría de diseño, diseño basado en las emociones que puede causar el producto. Un exponente de esta teoría es Donald Norman, y la pone por escrito en su libro *Emmotional Design* [23]. Cuando se utiliza este tipo de diseño se apela a la experiencia que sentirá el usuario utilizando su producto, qué es lo primero que verá, el color le alterará o lo tranquilizará, la forma del producto apela a su sentido visual o táctil, etc.

Una teoría de diseño no es única e inflexible, registradas se encuentran más de mil diferentes, aunque sí podemos encontrar conceptos muy similares o iguales entre todas ellas; existe una problemática, se toman pasos para analizarla y descomponerla, finalmente se propone una solución. Las metodologías de diseño difieren en la forma de llegar a estas soluciones, así como en el número de pasos para lograrlo. Se estudiaron las metodologías previas, así como unos apuntes sobre innovación y creación de productos escritos en colaboración por el Dr. Vicente Borja y el Dr. Alejandro Reivich. Estos apuntes conservan una visión tradicional y secuencial de los pasos y fases de diseño. Además establecen buenas bases para determinar si un producto será innovador o no. Fue la conjunción de todas estas teorías de diseño lo que nos llevó a una metodología propia, y que finalmente derivó en un concepto, y en un producto: CiTec.

En síntesis se requerían soluciones para transformar el espacio recreativo universitario. Existían proyectos previos de activación física que generaron la cultura para salir a las calles, proyectos domésticos de realidad virtual a través de videojuegos, permitiendo a los usuarios estar familiarizados con el uso de tecnología, y finalmente una infraestructura y metodología de diseño interdisciplinar para proveer dichas soluciones. De esta forma llega CiTec a consolidarse como equipo de innovación en pro de la activación física de los usuarios, buscando transformar el espacio universitario.

---

## **IV. PROPUESTAS Y DESARROLLO PARA LA CREACIÓN DE CIRCUITOS DE ACTIVACIÓN FÍSICA**

---

Dentro del CDMIT (Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica) de la Facultad de Ingeniería UNAM, y en colaboración con el CIDI (Centro de Investigación de Diseño Industrial) de la Facultad de Arquitectura, existe una asignatura orientada al diseño de productos desde un enfoque multidisciplinar y con colaboración internacional [24]. La materia llamada DNP (Diseño de Nuevos Productos) tiene como objetivo hacer al alumno comprender el ciclo de desarrollo de un nuevo producto, la importancia del usuario como factor de diseño, la naturaleza multidisciplinaria de un proyecto de desarrollo innovador, y hacer al alumno adquirir la habilidad de trabajar en equipo para llevar a cabo las primeras etapas del ciclo antes mencionado. Esta materia se encuentra impartida semanalmente por el Dr. Vicente Borja, y el Arq. Arturo Treviño.

El proyecto inició en Agosto de 2012, cuando el Lic. Demetrio Valdez, director de Actividades Recreativas de la UNAM propuso imaginar hacia el futuro, un lapso de 15 a 20 años, cómo sería la vida universitaria de entonces. Dada esta iniciativa y continuando con una costumbre que año tras año se sigue en el CDMIT de la Facultad de Ingeniería, y el CIDI de Diseño Industrial, se formó un equipo de DCI (Diseño Colaborativo Interdisciplinario) capaz de dar soluciones innovadoras para espacios abiertos. El equipo fue conformado por nueve personas de distintas áreas.

La metodología DCI ha sido probada en muchas aplicaciones como exitosa, y no es exclusiva del CDMIT o del CIDI. Es una metodología que a través de la conjunción de distintas visiones busca llegar a un objetivo común, que de cualquier otra forma no podría realizarse. Dentro de este ejercicio de diseño no se había incluido alumnos de la carrera arquitectura de paisaje, haciendo de este hecho una oportunidad para el desarrollo y la

innovación, pues la visión de un arquitecto paisajista es muy amplia y puede aportar ideas interesantes.

En esta etapa de CiTec, aún llamado ERU 2030, se tiene como caso de estudio la zona aledaña y perteneciente a los frontones de Ciudad Universitaria. La problemática se define como el uso inadecuado de espacios públicos en el campus central de la UNAM. Esta problemática fue detectada por la estudiante de Arquitectura de paisaje Ana Eugenia Montiel Vilchis, después de hacer varias observaciones y una clasificación específica por zonas en Ciudad Universitaria, como se puede ver a continuación:



Fig. 13. Zonas de CU. Arriba: 1. Ciudad Deportiva. 2. Campus Central. 3. Circuito de la investigación. Central: Los Frontones. Abajo: 5. REPSA. [25]

De su estudio surge la inquietud de transformar los espacios para garantizar un uso adecuado de los mismos. Se puede notar una sobreexplotación de los espacios libres, y observar un uso contrapuesto con los fines originales para los que fueron diseñados. Existen zonas en descomposición, sujetas a vandalismo, deterioro y sobreexplotación. La falta de zonas en óptimo estado genera pobres condiciones para los usuarios, y en algunos casos, fomenta la vida sedentaria, al no ser capaz de ofrecer un espacio destinado para una activación física o sana recreación.

### **ERU 2030. Espacio Recreativo Universitario**

ERU 2030 nace formalmente en este punto [26]; su misión: crear un espacio recreativo multisensorial universitario con visión al futuro; propone crear un espacio de experimentación para el beneficio emocional y físico de la comunidad universitaria; mantener bajos costos de manufactura y trabajar en conjunto con la DGADyR para ofrecer a estudiantes y trabajadores de la UNAM valor agregado a un espacio público.

Después de investigaciones en sitio, interrogación a los usuarios, observación de los mismos, y una lluvia de ideas, fueron presentados tres puntos que se enumeran a continuación [27]:

1. Multifuncionalidad: El espacio es en sí un espacio versátil que ofrece una diversidad de usos, y es una de sus características más importantes. Por lo tanto, es necesario que esto se mantenga vigente.
2. Vigilancia natural: El espacio tiene que cuidarse por sí mismo es decir, que el diseño favorezca el mantenimiento del sitio en sus dimensiones sociales y ambientales para garantizar un sitio digno a lo largo del tiempo.
3. Sostenibilidad: El espacio debe de ser sostenible y funcional como un núcleo generador de recursos.

Cabe mencionar que el equipo original de 9 personas se desintegró, quedando únicamente cuatro miembros. Dos alumnos de licenciatura UNAM: Alicia Andrea Esquivel Peña de Diseño Industrial, Ana Eugenia Montiel Vilchis de Arquitectura de Paisaje; un alumno de maestría: Juan Eric Durán Piña de Ingeniería Mecánica; y un alumno de licenciatura en la UAEMEX: Mauricio Cardoso Díaz González. En este punto se tuvo una colaboración con otro estudiante de licenciatura, Walter Augusto Bravo Gutiérrez, más bien en un plan de consultor. La misión que estos alumnos tuvieron fue la de presentar soluciones a las problemáticas descritas.

Fue presentada una propuesta para renovar completamente el espacio libre ubicado cerca de los frontones en Ciudad Universitaria. Se pretendía crear jardines sinfónicos. Jardines que contarían con cápsulas de estudio iluminadas por los propios usuarios, además de que apelarían a sus sentidos. Frontocinemas, es decir proyección de películas dentro de los Frontones. Activación física, caminos con iluminación especializada, zonas marcadas de entrenamiento y cruces designados. La tecnología formaba parte del concepto, pero aún se encontraba en teoría.



Fig. 14. De izquierda a derecha: Frontocinema, Jardín Sensorial, Activación Física. [27]

Esta primera iteración de diseño terminó con la creación de dos prototipos y un modelo. En estos prototipos y modelos se evaluó la función como tal, además de la experiencia generada en los usuarios.

El primer prototipo consistió en el uso de baldosas sobre el piso de tal forma que los usuarios sintieran una textura diferente al pasar caminando por ahí. Se esperaba que los usuarios notaran la diferencia en el camino y no siguieran andando sobre la pista establecida para bicicletas. Además se usó un poco de humor negro, al dibujar en el piso una silueta de una persona, como si fuera una escena de crimen. Se observó que los usuarios se detenían para sacarse fotos dentro de la silueta.

El segundo prototipo fue probado de noche, se instalaron luciérnagas en un camino que pudieran alumbrar el pasar de corredores nocturnos y ciclistas. Se realizaron entrevistas a los usuarios que permanecían cerca de las luces. El resultado fue una mayor concentración de gente cerca del camino iluminado que del camino tradicional sin luces. Los usuarios entrevistados coincidieron en que sentían el lugar diferente, más tranquilo y cómodo.



Fig. 15. PFC: ERU. Arriba: Baldosas texturizadas y silueta. Abajo: Luciérnagas. [27]

Finalmente en se realizó un modelo buscando hacer una solución más completa. Se diseñaron una serie de imágenes que simularan una aplicación. Esta aplicación se mostraría en una serie de pantallas verticales, que en conjunto formarían la imagen completa. Dentro de la aplicación aparecerían mensajes motivacionales, informativos de tu situación actual, así como imágenes de difusión cultural. Se buscaba utilizar las pantallas en un lugar público, donde de día pudieran interactuar con el usuario, y de noche pudieran iluminar el camino. Además en este punto se pensaba desarrollar también una aplicación móvil que pudiera conectarse con la aplicación mostrada en las pantallas. Se realizó una maqueta, y posteriormente unas luminarias con las imágenes mencionadas cerca de los frontones en la zona deportiva UNAM. Los resultados de este modelo fueron inciertos debido a la falta de parámetros de medición y no hubo patrones en las respuestas o indicadores bien marcados de cualquier tendencia.



Fig. 16. PFC: ERU. Arriba: Simulación de una aplicación. Abajo: Pruebas del tercer modelo.

La evaluación final de la materia DNP se hizo mediante una presentación. Presentación que tuvo opiniones divididas, pues el concepto no fue entendido completamente, además de tener serias implicaciones económicas que aún tendrían que ser estudiadas, sin embargo la idea de innovación fue muy atractiva. Así cerró el primer ciclo de ERU 2030.

La segunda iteración vendría durante el desarrollo del siguiente curso, continuación de DNP, pero con un enfoque distinto. Ahora la materia se llama DS (Desarrollo Sustentable), y el equipo original ERU 2030 tiene nuevos miembros. Se tuvo una colaboración breve del estudiante de Ingeniería Industrial: James Davison, y se incorpora formalmente al equipo Walter Augusto Bravo Gutiérrez, estudiante de Ingeniería Mecatrónica, ambos pertenecientes a la UNAM.

Como se menciona en el párrafo anterior, el enfoque debe cambiar para poder continuar. El primer paso es la conjunción de un equipo totalmente interdisciplinar, donde cada rama componente del mismo pueda aportar una visión diferente sobre el tema en estudio. El DCI como aquí es llamado, nos muestra la convergencia de múltiples visiones de diseño en una sola metodología, una sola metodología sin embargo no la única. Durante la materia de DS se retoma el proceso seguido durante DNP pero se le agrega una visión de sustentabilidad, incluidas herramientas y análisis para determinar el impacto ecológico de los proyectos, además de evaluar las posibilidades económicas de cada uno de ellos. Se busca con la conjunción de ambas materias enseñar a los alumnos el valor del desarrollo de un nuevo producto, las posibilidades de crecimiento de empresas basadas en tecnología, y la importancia de pensar en términos sustentables para beneficio propio y del planeta [28].

Hasta este punto ERU 2030 ya perfila para convertirse en un circuito de activación física, se quiere usar tecnología pero no se sabe qué tecnología exactamente. Se tuvo una primera reunión de trabajo donde después de una lluvia de ideas y opiniones de todos los involucrados, nace formalmente el concepto, y lo que posteriormente se convertiría en el

nombre CiTec. En esta reunión se le llamó: Circuito Tecnológicamente Activo. Se piensa hacer un circuito de activación física que vaya alrededor de Ciudad Universitaria. Este circuito estará compuesto por varios módulos con distintas tecnologías involucradas. A continuación se mencionan dichos módulos, su ubicación, y se da una pequeña explicación sobre cada uno de ellos.



Fig. 17. Generación del concepto CiTec. (Fotografías: Walter Bravo)

**Desarrollo conceptual de las 6 zonas de un circuito tecnológicamente activo [29]****Zona A. Estación de flexibilidad**

Este espacio se caracteriza por tener una densa cubierta arbórea, generando sombra la mayor parte del día, protegiendo al usuario de la incidencia de los rayos solares. La zona no presenta edificaciones u obstrucciones físicas, creando un lugar ideal para ubicar los aparatos de flexibilidad, los cuales necesitan un espacio amplio para realizar cada rutina.

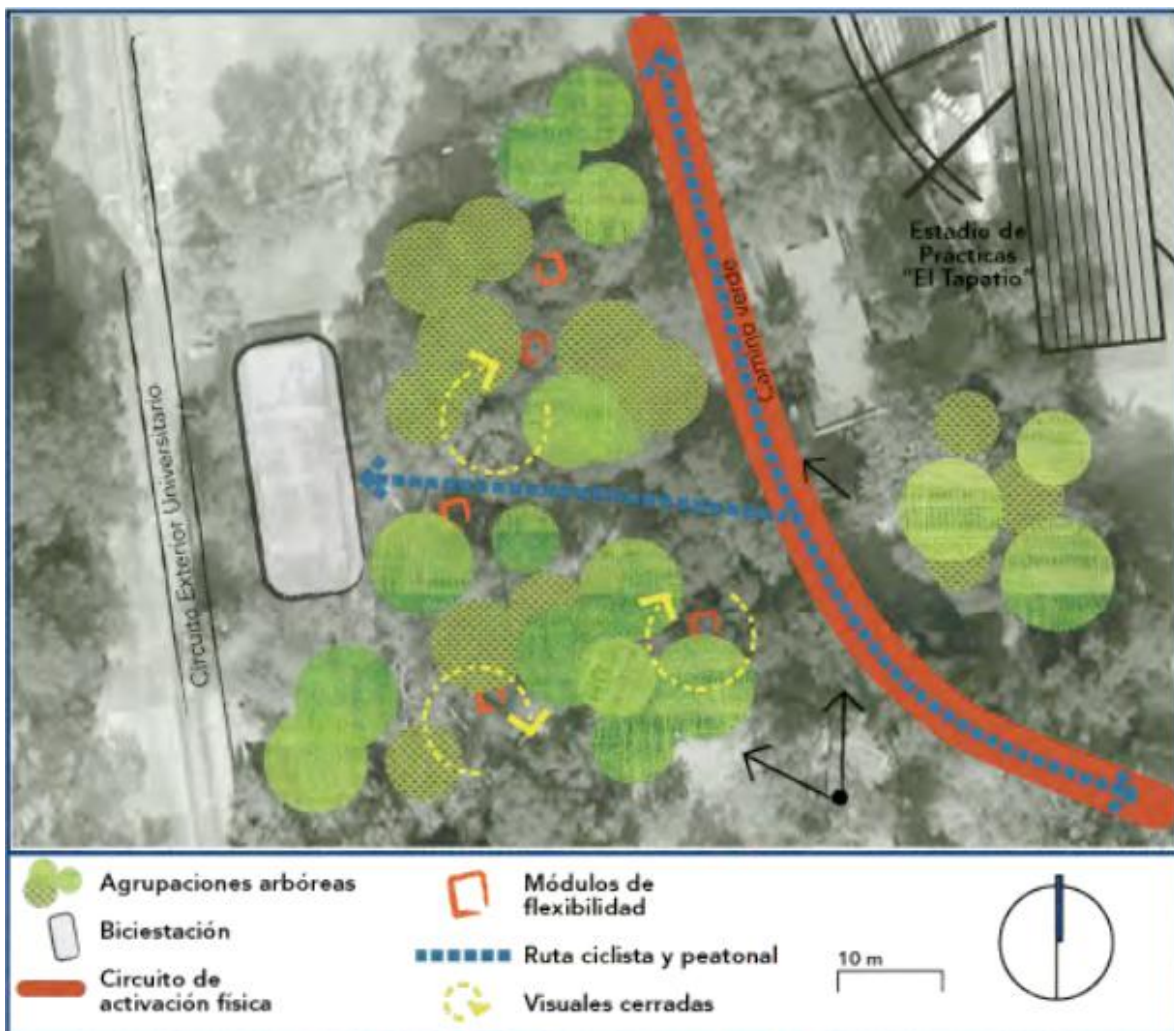


Fig. 18. CiTec: Zona A.

### Zona B. Estación de velocidad

Las mejores visuales se encuentran en esta zona, tiene la virtud de estar acompañada de las cuatro pirámides truncas monumentales conocidas como Los Frontones. Por la importancia arquitectónico paisajística de este espacio que debe respetarse, la intervención será sutil. El espacio es una larga recta ideal para hacer ejercicios de velocidad. De día el corredor podrá disfrutar de una propuesta vegetal rica en texturas y formas, empleando especies nativas, al anochecer, un paisaje de luz y sombras que inviten a activarse físicamente al concluir el trabajo cotidiano. Se propone acompañar el ritmo de los corredores nocturnos con una sincronía de luces y sonidos en el piso, la vegetación y los monumentos patrimoniales, todo sin dañar la estructura e intención espacial original.

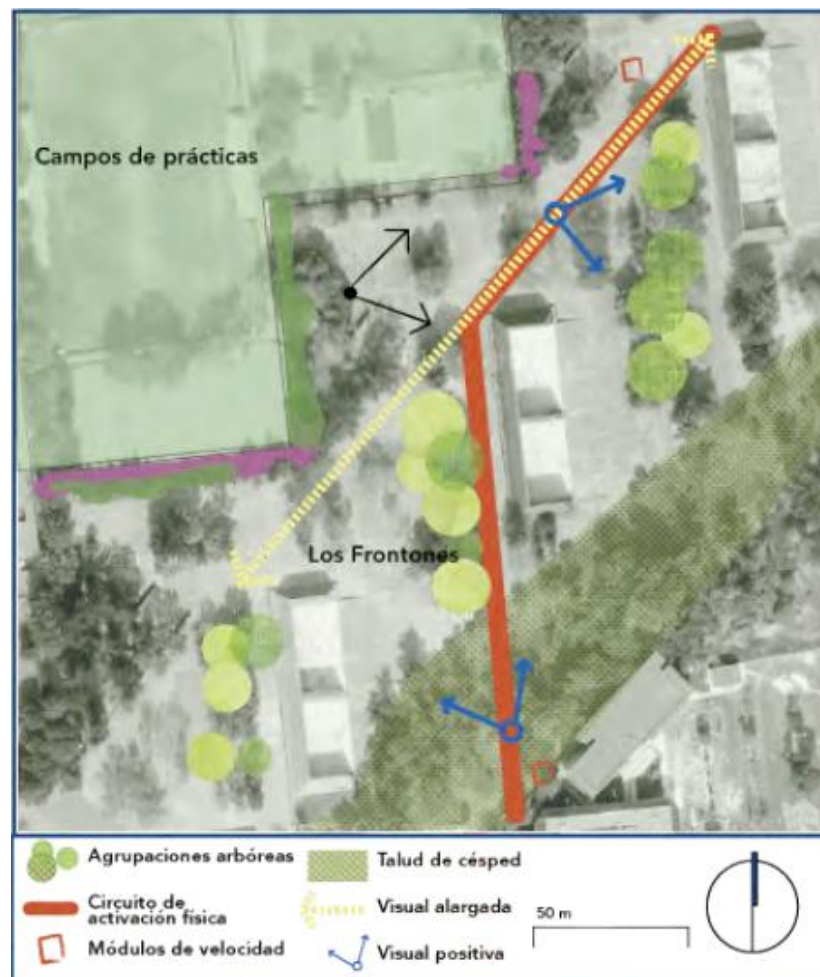


Fig. 19. CiTec: Zona B.

### Zona C. Estación de Fuerza

Por su ubicación estratégica esta zona tiene vigilancia natural, es de acceso controlado y está muy cerca del flujo principal de los estudiantes con el objetivo de que puedan destinar una parte de su tiempo libre a usar la estación. Además cuenta con ocho árboles de gran altura y copas frondosas, los cuales proveen de sombra la mayor parte del día. El espacio central es una zona plana ideal para colocar los aparatos de fuerza, reduciendo costos de manufactura e instalación.

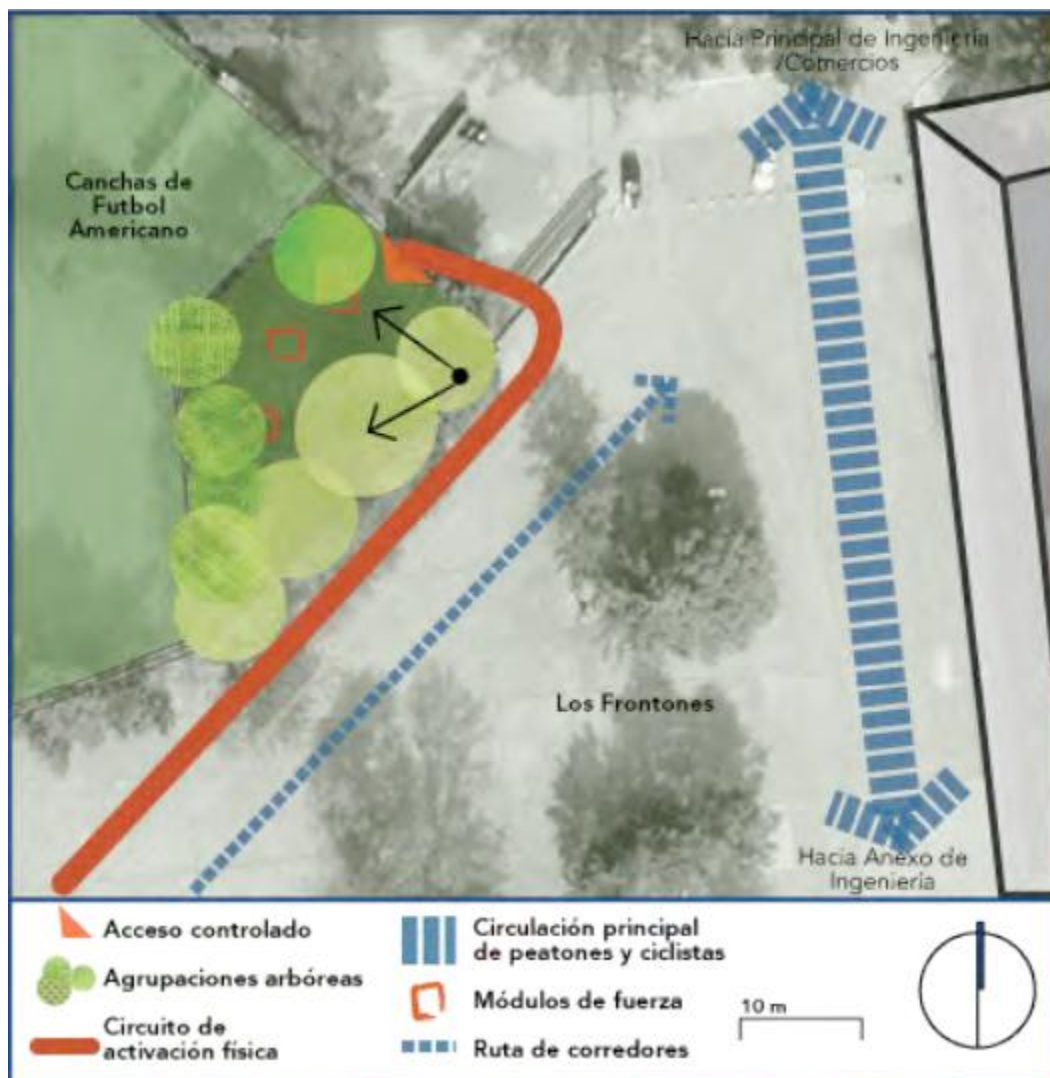


Fig. 20. CiTec: Zona C.

### Zona D. Microclima de Relajación

Es una zona confinada, de un lado por la alberca olímpica y del otro por los campos de prácticas, tiene largas jardineras que pueden ser transformadas en espacios que relajen y acompañen al usuario después de realizar su rutina. No tiene aparatos de activación física, por estar destinada a la convivencia entre la comunidad universitaria y su ambiente, ofreciendo un servicio de ocio y disfrute por medio del espacio abierto.

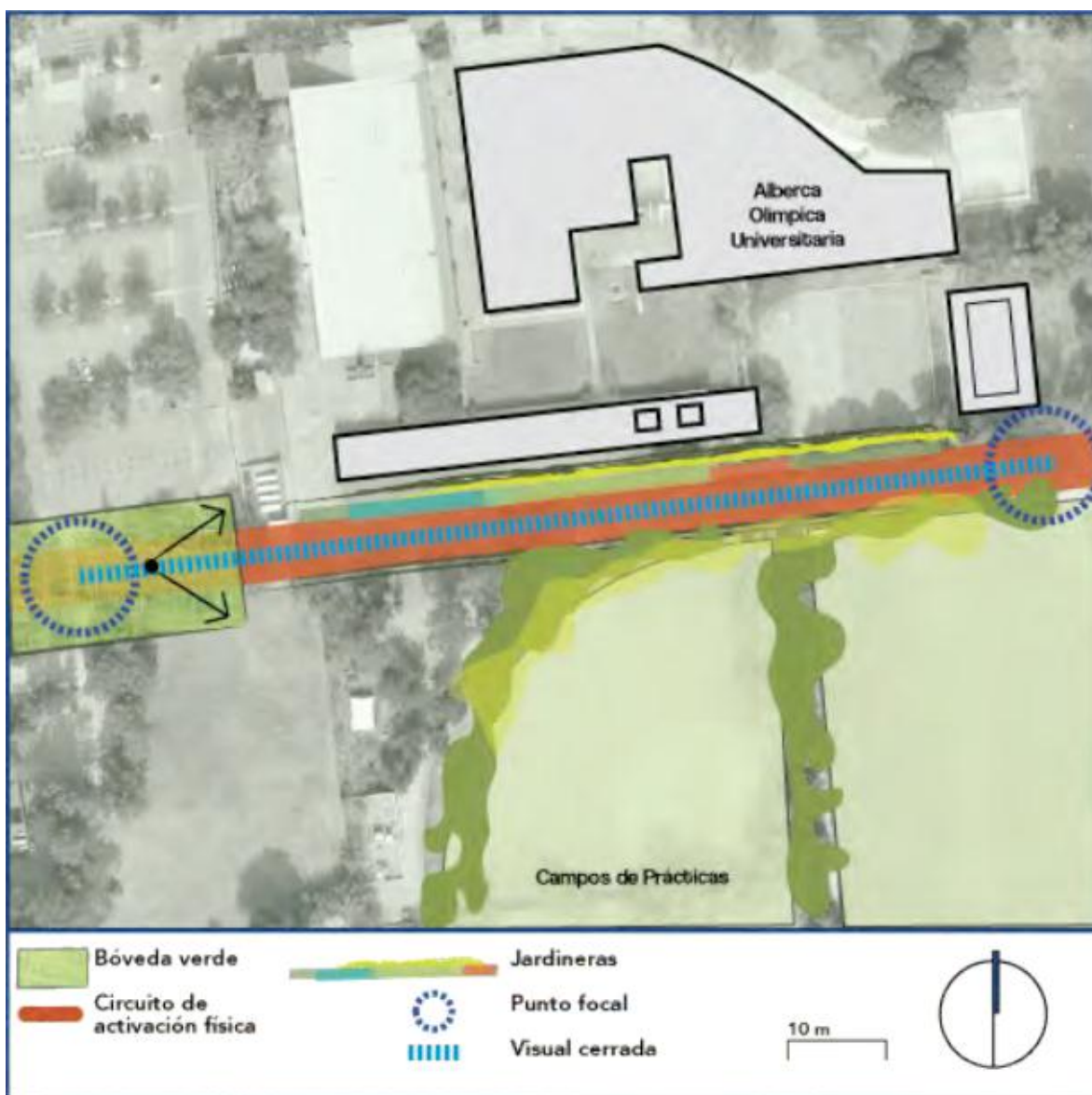


Fig. 21. CiTec: Zona D.

### Zona E. Manejo de Emociones

Debido a los componentes espaciales de esta zona se decidió convertir las estructuras columnares rítmicas que formaban los árboles, como apoyos para ocho esferas suspendidas destinadas a ser golpeadas o pateadas con la finalidad de liberar el estrés. Usando los principios de la cromoterapia estas esferas al inicio tendrían un color rojo intenso equivalente a la fuerza, la energía, la intensidad, conforme el usuario gritara o pateara el color cambiara a azul referente a la relajación y descanso mental al terminar, la esfera tendría un color verde, vinculado a la tranquilidad y frescura. Las sombras durante todo el día crean ambientes refrescantes para el usuario armonizando con un juego de claroscuros al transcurrir el tiempo.

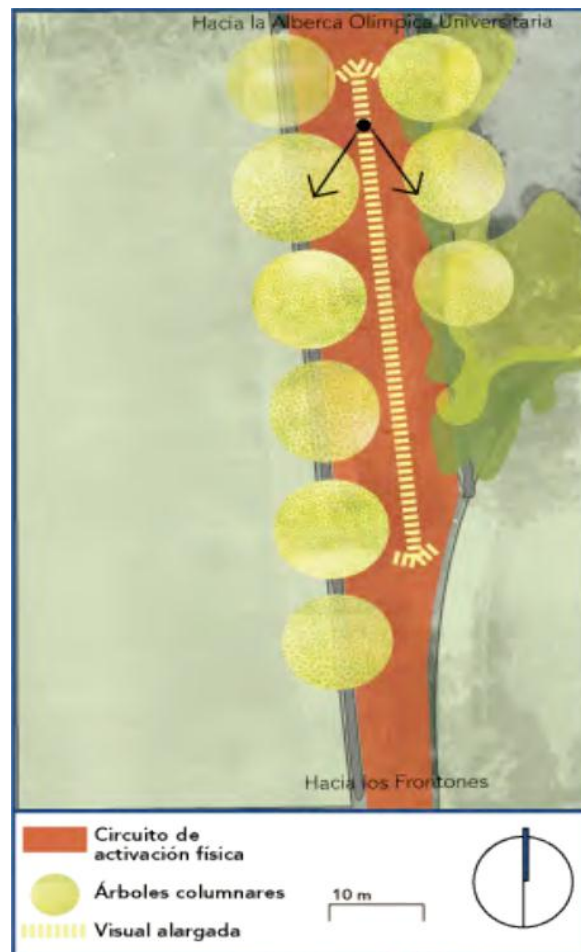


Fig. 22. CiTec: Zona E.

### Zona F. Estación de Resistencia

Esta zona tiene árboles de gran altura, principalmente coníferas, dispuestos de forma irregular en la zona norte, creando espacios amplios entre unos y otros con sombra la mayor parte del día. En la zona sur la disposición cambia, los árboles forman dos alineamientos casi regulares, que se yuxtaponen con la trama irregular de la zona norte. La trama reduce visual y físicamente el espacio, pero simultáneamente genera núcleos privados con vocación a convertirse en zonas para el ocio y la recreación.

Se revitaliza este espacio que funciona como lugar de paso para llegar a la estación del Metrobús Ciudad Universitaria y para esperar los camiones que se dirigen a Xochimilco, Milpa Alta y Chalco, por un sitio atractivo que genere nuevas actividades. El mobiliario ofrece múltiples opciones para la recreación como la generación de energía a través de pedales y bobinas, la emisión de conciertos sinfónicos o el servicio de audio libros.



Fig. 23. CiTec: Zona F.

### CiTec: Circuito Tecnológicamente Activo

CiTec como concepto queda acuñado a partir de este momento. Se redefine su misión, además de contar ya con una visión, propuesta de valor, áreas de control, y todo ello generado a modo de una pequeña empresa, utilizando un modelo de negocios llamado Canvas.

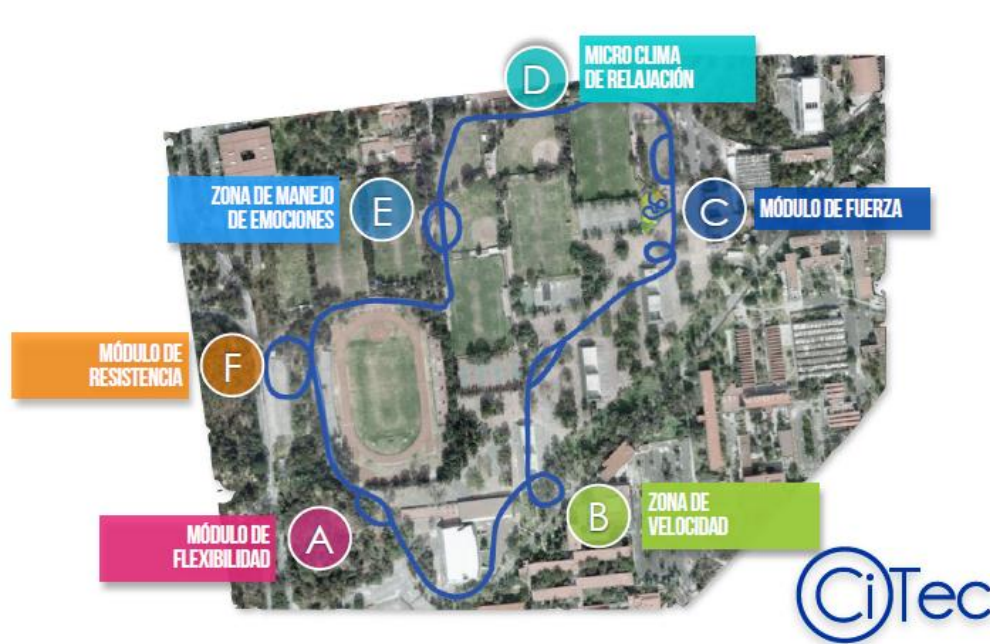


Fig. 24. CiTec: Mapa completo. [30]

Misión: Diseñar un circuito para la activación física de la comunidad universitaria mediante la vinculación del espacio abierto y las tecnologías de vanguardia, generando experiencias divertidas, motivantes y multisensoriales.

Visión: CiTec busca generar un medio innovador para la activación física en el espacio abierto integrando una propuesta interdisciplinaria con la infraestructura existente, respetando y destacando el valor en sí mismo.

El modelo final de negocios Canvas quedó desglosado de la siguiente manera:

1. Mercado meta:

- Estudiantes de Ciudad Universitaria
- Trabajadores de Ciudad Universitaria
- Académicos de Ciudad Universitaria

2. Propuesta de valor:

- Para el cliente:
  - a. Un servicio público para un sector amplio de la sociedad
  - b. Fomenta el uso adecuado de parques y espacios públicos
  - c. Crea un espacio comunitario que fomenta la interacción social
  - d. Ofrece un servicio de excelente relación calidad-precio
- Para el usuario:
  - a. Beneficios físicos y emocionales
  - b. Servicio gratuito
  - c. Flexible al tiempo libre de cada persona
  - d. Personalizado
  - e. Genera nuevos núcleos sociales

3. Canales:

- Servicio piloto instalado físicamente en Ciudad Universitaria
- Cliente directo
- Promoción en eventos deportivos
- Página de Internet
- Redes Sociales

4. Relación con los clientes

- Trato personalizado y monitoreo permanente de la calidad del servicio
- Diferentes esquemas de negocio

## 5. Fuentes de Ingreso:

- Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas de la UNAM (DGADyR)
- Patrocinio de empresas privadas enfocadas en alimentos y bebidas
- Patrocinio de corporaciones con intereses amplios
- Patrocinios de programas de carácter público

## 6. Recursos clave

- Equipo interdisciplinario
- Optimización en la manufactura del mobiliario
- Asesores adecuados de cada área

## 7. Actividades clave:

- Escuchar e interpretar la voz del cliente
- Actualización de las tecnologías empleadas en el servicio
- Documentación constante de toda actividad realizada
- Buscar ergonomía para los usuarios y clientes

## 8. Alianzas clave:

- Directivos de la DGADyR
- Directivos de recursos humanos de empresas privadas
- Directivos de programas de ordenamiento urbano y recreativo del gobierno
- Proveedores
- Actores estratégicos de la comunidad universitaria

## 9. Estructura de Costos y Plan de Negocios.

- Estos rubros se presentaran a detalle en cada una de las zonas instaladas. Ver el próximo capítulo para mayor información de la primera zona diseñada conceptualmente, y de la cual se fabricó un prototipo

### Equipo CiTec

Utilizando el perfil profesional, aptitudes, habilidades y conocimientos de cada integrante del equipo se hizo una división de responsabilidades, tareas y objetivos por cada miembro; quedando clasificados como se puede observar en la siguiente figura (Fig. 25). También se hizo una división de gerencias de la empresa CiTec, en forma horizontal (Tabla 5), queriendo decir esto que todos los involucrados tienen el mismo nivel de responsabilidad e importancia. De esta manera se pudo trabajar de mejor forma con las debilidades y fortalezas de cada área, y se mantuvo comunicación constante, fortaleciendo así el producto final y la empresa.



Fig. 25. Equipo CiTec. (Elaboración propia)



Fig. 26. Logo CiTec. (Elaboración propia)

## Áreas de CiTec

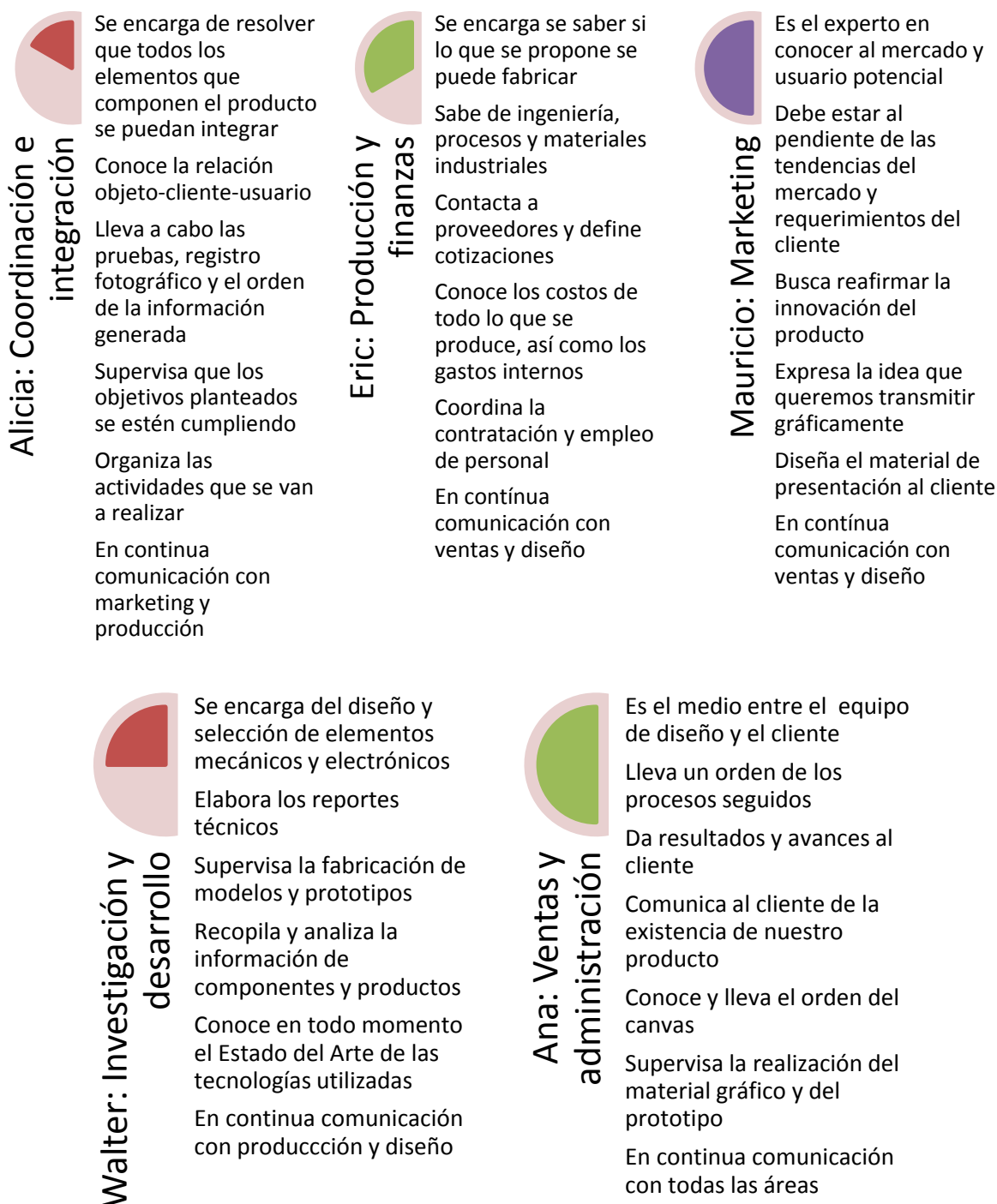


Tabla. 5. Áreas de CiTec. (Elaboración propia)

---

## V. DISEÑO MECATRÓNICO Y DESARROLLO DE LA ESTACIÓN DE FUERZA. ZONA C

---

### Definición del problema

Se pretende acondicionar una zona dentro de Ciudad Universitaria para su uso como parte de CiTec. Es preferible que sea una zona de acceso controlado y que cuente con vigilancia. Dicha zona contendrá la infraestructura necesaria para la implementación de la estación de fuerza descrita en el capítulo anterior, bajo el apartado de *Desarrollo conceptual de las 6 zonas de un circuito tecnológicamente activo*.

Dentro de la estación de fuerza, los usuarios podrán realizar actividades mayormente aeróbicas, a través del uso de aparatos de ejercicio. Estos aparatos deberán ser instalados en la zona, considerando el uso de tecnología para cumplir con los objetivos principales de CiTec. Se piensa en la utilización de medios audiovisuales, además de la implementación de algún sistema móvil o fijo para la comunicación de cada elemento componente del sistema, dando retroalimentación al usuario.

El sistema a proponer debe ser de fácil acceso a los usuarios, y con sencillez de manejo. Además debe permitir que los usuarios se comuniquen unos con otros, y puedan conocer algunas de sus estadísticas personales, así como metas a superar. A través de este sistema existirá una comunicación constante entre todos los actores estratégicos definidos en el plan de trabajo de 9 puntos, descrito en el apartado *CiTec: Circuito Tecnológicamente Activo*, del capítulo anterior. Por actores estratégicos se habla de posibles patrocinadores, proveedores del servicio y usuarios.

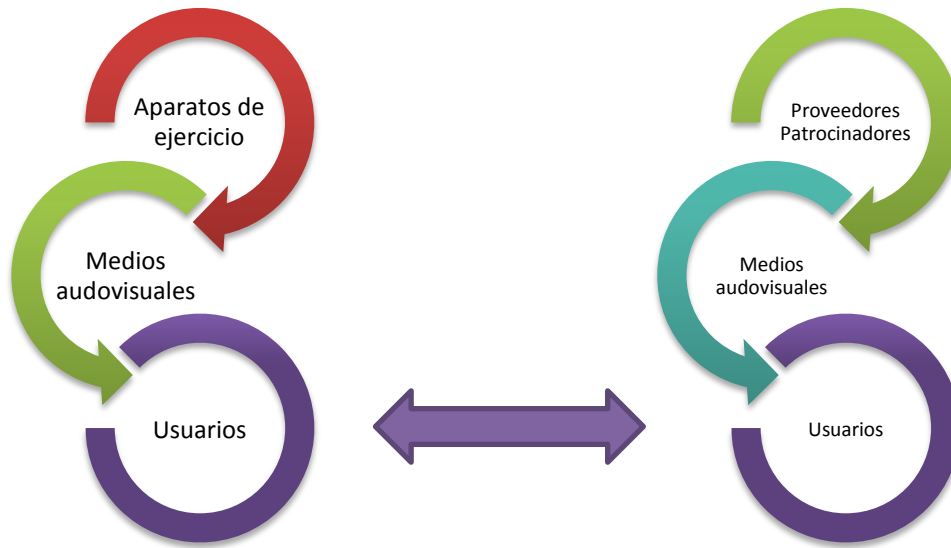


Fig. 27. Diagrama de comunicación entre los distintos elementos del sistema dentro de la estación de fuerza. (Elaboración propia)

Los aparatos, así como el sistema deben garantizar seguridad en su uso. Dentro del plan de trabajo se establece como mercado potencial todo aquel estudiante, académico o trabajador, cuyas edades usualmente se encuentran entre 18 y 60 años, con ganas de iniciar una activación física. Sin embargo se desea que el uso del aparato de ejercicio no sea limitado a las edades antes mencionadas.

Al formar parte de un circuito de activación física, y estar localizado dentro de puntos estratégicos del espacio universitario, será necesario además que sea orgánico dentro del mismo, o en otra situación, pueda hacer un aporte benéfico al mencionado espacio. Debe tener una identidad propia, para que sea reconocible como marca, como producto, y como parte de todo el circuito.

La estación de fuerza, o Zona C, debe tener una propuesta innovadora e incluyente. Se busca fomentar una activación física segura y responsable.

**Necesidades y requerimientos**

| <b>Necesidades y requerimientos Zona C: estación de fuerza</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Necesidades</b>                                                      | <b>Requerimientos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Incita al usuario a utilizarlo                                          | Es de fácil acceso. Está localizada en un espacio público. Es de diseño atractivo.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Transforma el espacio                                                   | El concepto se desarrolla en conjunto con otras disciplinas y tomando en consideración el espacio público. Se inserta un dispositivo nuevo en el espacio considerando las implicaciones con el mismo. Se genera un cambio físico en el espacio, notable por alguno de nuestros sentidos.                                         |
| Obliga al usuario a tener una activación física principalmente aeróbica | El dispositivo diseñado está dentro de los lineamientos entendidos de activación física aeróbica. Para poderlo utilizar el usuario ejerce algún tipo de movimiento que lo obliga a generar fuerza, encontrando algún tipo de resistencia. Dicho movimiento es de baja o media intensidad, y de duración prolongada.              |
| Cuenta con tecnología                                                   | Los aparatos de ejercicio tienen algunas ventajas tecnológicas contra sus homólogos ubicados en gimnasios comunes. Cuentan con sensores, iluminación, y un sistema propio.                                                                                                                                                       |
| Es innovadora                                                           | Contiene una mezcla entre elementos mecánicos y electrónicos que apela a los sentidos más básicos de los usuarios. La disposición física de los mismos es original, innovadora e inventiva (Ver Propiedad intelectual en el glosario).                                                                                           |
| Garantiza seguridad de uso                                              | El concepto de ergonomía es tomado en cuenta para toda parte de este diseño. El usuario se convierte en factor importante de diseño.                                                                                                                                                                                             |
| Existe una forma de comunicación entre los usuarios                     | Una interfaz es diseñada para que el usuario se comunique con el sistema CiTec además de con otros usuarios. Tiene algún dispositivo exclusivo, o una conexión con algún dispositivo comercial para este fin.                                                                                                                    |
| Cuenta con algún tipo de estímulo                                       | A través de mensajes dirigidos al usuario, se obtienen estímulos personales y motivacionales. Además existe la posibilidad de obtener estímulos físicos de índole recreativa, decorativa o conmemorativa, generando un sistema de puntos a través de la interfaz y cuantificable por los clientes para canjear dichos estímulos. |

Tabla 6. Necesidades y requerimientos Zona C: estación de fuerza. (Elaboración propia)

## Diseño conceptual

El concepto debe ser innovador, debe ser creativo y original. Para poder llegar a un diseño conceptual que cubra dichas características recurrimos a un Modelo de Gestión de Tecnología del Premio Nacional de Tecnología que involucra seis funciones: Vigilar, planear, alinear, habilitar, proteger e implantar. El modelo define dichas funciones de la siguiente forma:

Vigilar tecnologías para identificar amenazas y oportunidades de innovación tecnológica, planear acciones relativas a la definición de una estrategia tecnológica y la integración de una cartera de proyectos tecnológicos que deriven en ventajas competitivas. Alinear, integrar, la tecnología en todas las áreas de la organización. Habilitar, obtener, las tecnologías y recursos necesarios para la ejecución de proyectos tecnológicos. Proteger el patrimonio tecnológico de la organización. Implantar innovaciones tecnológicas de productos y de procesos y el desarrollo de las expresiones organizacionales necesarias para ello [31].

Al inicio, los esbozos de lo que sería CiTec apuntaban a un uso exagerado de tecnologías, y una implementación de todas las soluciones existentes para todo, luces inteligentes, cristales OLED, proyecciones en tercera dimensión, transformación de energía mecánica en eléctrica, una verdadera revolución tecnológica en los jardines de CU. Sin embargo no era posible continuar adelante con esta idea tan desorganizada. El primer paso fue una lluvia de ideas sobre lo que el equipo quería implementar, en esta sesión se escucharon todas las opiniones, y fueran descartándose tecnologías en el siguiente orden: Primero todas aquellas tecnologías propias de la milicia, aún en investigación o desarrollo, o de poco acceso para personas con recursos moderados (espejos de grafeno), después todas aquellas ideas que involucraban construir cosas que hoy en día se pueden conseguir a buen costo y con excelente funcionalidad (fabricar pantallas), y finalmente se quedaron aquellas ideas viables para el proyecto con recursos limitados. Aquí concluyó la fase de vigilar otras tecnologías.

El primer diseño conceptual al que se llegó involucraba dos elementos que llegarían al prototipo final, un aparato de ejercicio (también denominado desde este punto: escaladora) y una pantalla de televisión. Para lograr la conectividad entre los usuarios y el circuito se pretendía hacer uso de una aplicación para teléfonos inteligentes y tabletas.

La idea de realizar una aplicación para dispositivos móviles siguió en gestión un tiempo, incluso se hicieron algunas consideraciones: tendría que ser para la mayor cantidad de usuarios posibles, tendría que ser de fácil creación por los tiempos del proyecto, y tendría que ser amigable. La conclusión alcanzada fue la de realizar una aplicación funcional dentro de Android, y se inició un pequeño prototipo en la plataforma App Inventor de Google. Posteriormente esta idea también fue desechada trabajando bajo el entendido de que no todo usuario de CiTec contaría con un teléfono inteligente para utilizar el sistema. Se consideró en cierto momento ofrecer un servicio de renta de dispositivos móviles inteligentes, sin embargo incluía graves riesgos de inversión monetaria contra pérdida de inventarios por mal uso y descuido.

Habría tenido que trabajarse en conjunto una aplicación móvil, y una interfaz de usuario que se pudiera demostrar en las pantallas; dicha interfaz debería tener comunicación con los teléfonos inteligentes. El desarrollar ambas aplicaciones al mismo tiempo habría consumido tiempo y recursos, ambos innecesarios y no disponibles en ese momento; por ello la aplicación móvil quedó inconclusa, sin embargo la interfaz de usuario para la pantalla sí quedó en el diseño conceptual final.

El concepto que se tiene hasta el momento es el de incluir a un usuario dentro de un espacio natural en Ciudad Universitaria. Esta persona tendría la oportunidad de utilizar una escaladora conectada a una pantalla para realizar algún tipo de ejercicio. Dentro de la pantalla existiría un sistema local informático que le permita experimentar algún tipo de realidad virtual. En este punto termina la fase de planeación estratégica e integración de una cartera tecnológica.

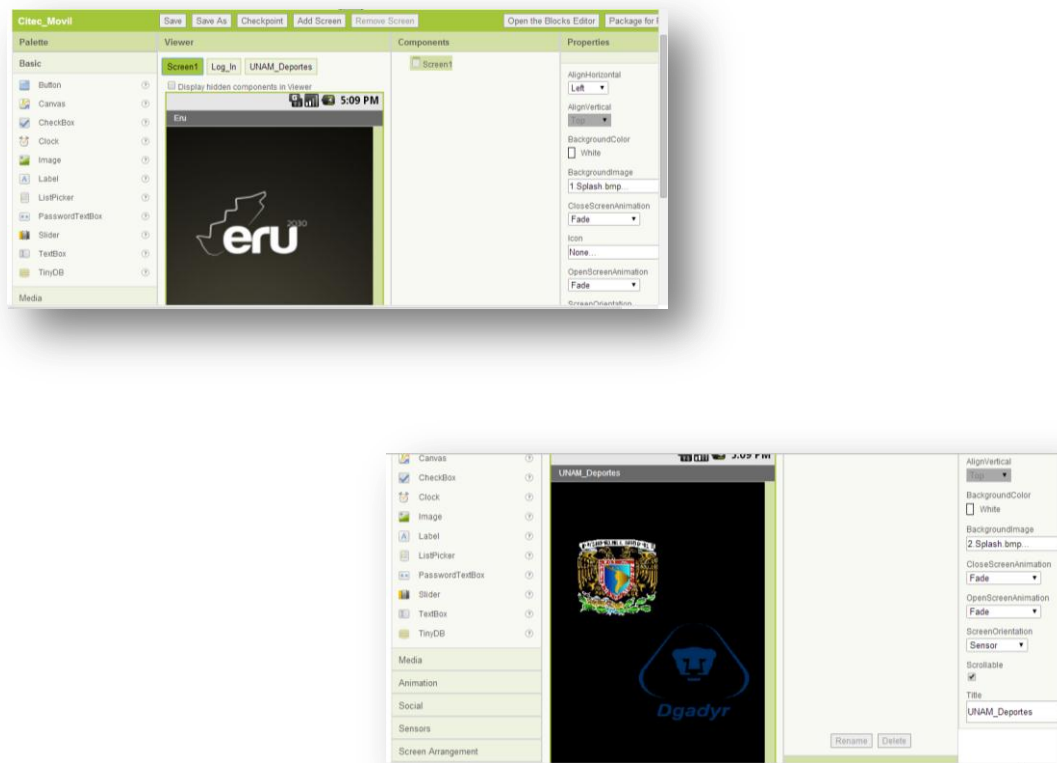


Fig. 28. Capturas de pantalla de “CiTec Móvil”. (Elaboradas a partir de un proyecto propio [32])



Fig. 29. Diseño conceptual de la estación de fuerza. Zona C. (Elaboración: Alicia Esquivel)

Al ser un proyecto interdisciplinar, deben tomarse en cuenta otras consideraciones. Con el área de diseño gráfico se trabajará en la interfaz de usuario, el área de diseño mecánico deberá proveer del aparato de ejercicio. Diseño industrial cooperará en la seguridad del usuario, trabajando de cerca con diseño mecánico, y finalmente paisaje deberá proveer soluciones para el espacio. Todas las áreas forman necesariamente un vínculo entre ellas, y la tecnología debe ir acorde. Aquí termina la fase de alinear tecnologías dentro de la organización.

Para fines prácticos, en esta primera iteración de la estación de fuerza se hicieron algunas consideraciones. El aparato de ejercicio a utilizar será de uso común, y comercial. Se eligió una escaladora, y sobre ella se agregará un sistema para comunicarla con la interfaz de CiTec. Se piensa en la utilización de sensores. Con la construcción del primer PFC de la que se habla más adelante en este mismo capítulo se comprueba el término de la fase de habilitar tecnologías, respecto a protección e implementación, se hablará en el apartado *Otras consideraciones* al final de este capítulo.

Al referirse a fines prácticos, se habla sobre la premura del tiempo, y la necesidad de aprobación de una materia, es por ello que se hizo un calendario a forma de Diagrama de Gantt con las actividades a seguir. El aprobar esta materia tiene implicaciones de impacto real, pues era posible conseguir patrocinadores para el proyecto.

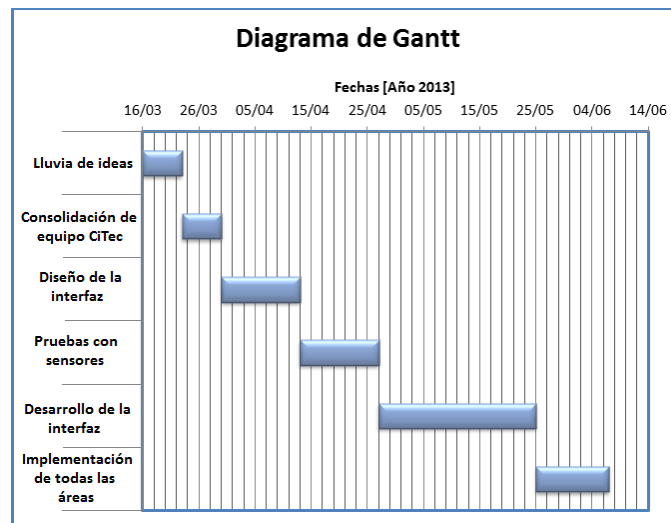


Fig. 30. Diagrama de Gantt. (Elaboración propia)

## Ingeniería de detalle

Es importante mencionar que todo lo descrito en este capítulo a partir de este momento se encuentra referido a la creación del primer prototipo de función crítica (específicamente desde el enfoque del área de tecnología), exhibido durante la exposición final de proyectos de la materia DNP en junio de 2013.

Una vez terminado el concepto, debe procederse a buscar la configuración final, así como las tecnologías que se utilizarán. El primer paso fue tomar el sistema de la estación de fuerza, y analizarlo por bloques. Se definieron bloques para cada uno de los elementos que lo forman, y a través de líneas con sentido y dirección se estudian las relaciones entre cada uno de dichos elementos. Se establecen las entradas y salidas del sistema, tanto voluntarias (proyecciones de uso deseadas y esperadas), como involuntarias (indeseables o generadoras de ruido). Se puede ver el diagrama en la siguiente figura, y las definiciones de cada elemento, también pueden verse las posibles soluciones propuestas para resolver cada uno de los bloques.

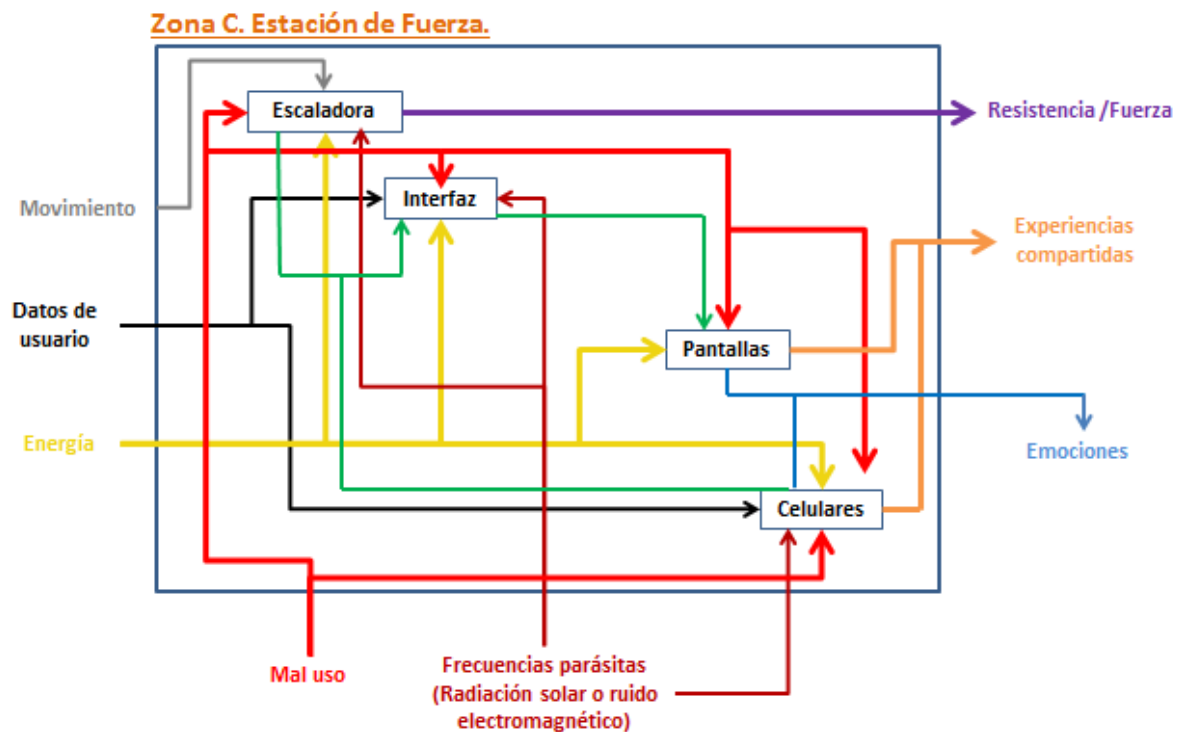


Fig. 31. Diagrama de bloques. (Elaboración propia)

## Definiciones

Entradas:

Datos de usuario: Los usuarios ingresarán datos personales para utilizar el sistema. Tendrán que ingresar su nombre, edad, peso y talla. El sistema utilizará esta información para generar una base de datos, y llevar control de las condiciones específicas de cada persona. A través de cálculos matemáticos se podrá determinar cuántas calorías fueron consumidas en cada ejercicio e ir generando estadísticas. Se utiliza la fórmula de Harris-Benedict. Se profundizará en este aspecto dentro de la explicación perteneciente al elemento constructor del sistema denominado: *Interfaz*.

Movimiento: El sistema recibirá movimiento para funcionar, ejercido por cada usuario en un aparato de ejercicio. Un autor lo define como el proceso en el que el ser humano activa diversos sistemas que de forma conjunta posibilitan la consecución, a través de la acción coordinada de la musculatura, de una acción motora sencilla [33]. Debido a esto es importante pensar en cómo se ejercerá dicho movimiento, y garantizar condiciones de seguridad para el usuario. El área de diseño industrial se encargará de proveer esta seguridad, diseñando barandales, o algún tipo de estructura que pueda sostener al usuario mientras se ejercita.

Energía: Para que cada elemento del sistema funcione requiere energía eléctrica. La energía debe ser tomada directamente de la red, a 120 [V] y 60 [Hz], debido a que los elementos a utilizar son comerciales y funcionan con estos valores. El aparato de ejercicio tendrá consideraciones especiales que serán explicadas en la definición de *Escaladora* dentro de las definiciones de *Elementos constructores del sistema*.

Entradas involuntarias:

Mal uso: Todo producto tiene la probabilidad de ser utilizado para fines distintos de los propuestos por el diseñador, o de los pensados por el cliente. Es muy probable que el aparato de ejercicio sea utilizado para otros fines, así como existe la posibilidad de que las pantallas sean dañadas de manera voluntaria o involuntaria. El área de diseño industrial se

encargará también de garantizar la seguridad de dichos aparatos creando o diseñando una carcasa que pueda protegerlos. El software que representa la interfaz será diseñado a prueba de fallas y errores comunes para evitar usos inadecuados. Se profundizará en este aspecto dentro de la explicación perteneciente al elemento constructor del sistema denominado: *Interfaz*.

Frecuencias parásitas: Dado que se piensa el sistema estará al aire libre, en un espacio controlado, pero no aislado al vacío, estará sujeto a frecuencias y señales no contempladas para su correcto funcionamiento. Estas frecuencias generalmente tienden a generar ruido en el sistema, y entorpecer su desempeño. Dichas frecuencias pueden incluir la radiación solar, señales celulares o de redes inalámbricas. Considerar a las frecuencias parásitas fue fundamental para la elección de los sensores utilizados, debido a que las frecuencias que ellos utilizarán, deben ser lo suficientemente estables para garantizar el correcto funcionamiento del microcontrolador, y del sistema en general.

Elementos constructores del sistema:

Escaladora: Este subsistema está compuesto por tres elementos:

- Aparato de ejercicio o escaladora: Será una escaladora de marca comercial (Dunlop Fitness), con contabilizador de pasos y de tiempo utilizado. La energía para su funcionamiento provendrá de una batería integrada recargable. Estas características se refieren a la escaladora disponible en el momento, y no serán las características de la escaladora final, ya que el área de diseño mecánico se encargará de diseñar una escaladora exclusivamente para CiTec.
- Sensor ultrasónico Hc-Sr04: Sensor de rango ultrasónico, con pines definidos para el emisor, receptor, voltaje y tierra. Trabaja con corriente directa a 5[V]. Se eligió un sensor ultrasónico debido a que la interferencia de la radiación solar no alcanza valores significativos, y puede considerarse despreciable.



Fig. 32. Escaladora Dunlop Fitness. (Fotografías: Alicia Esquivel)

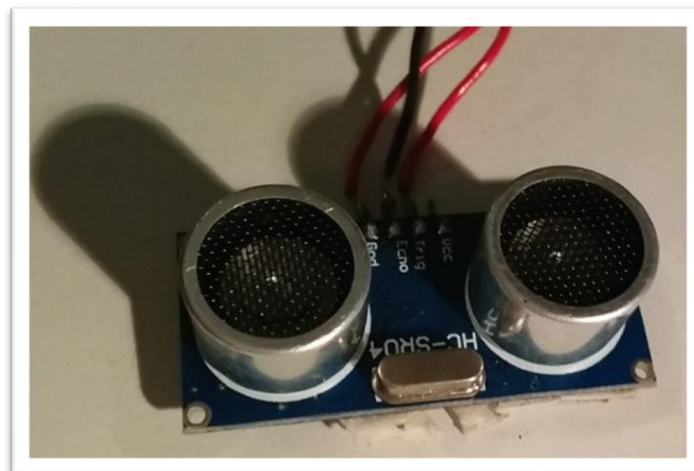


Fig. 33. Sensor ultrasónico HC-SR04. (Fotografía: Alfonso Lizárraga)

- Microcontrolador Arduino UNO™: Será el cerebro del sistema, trabaja a 5[V] con corriente directa.

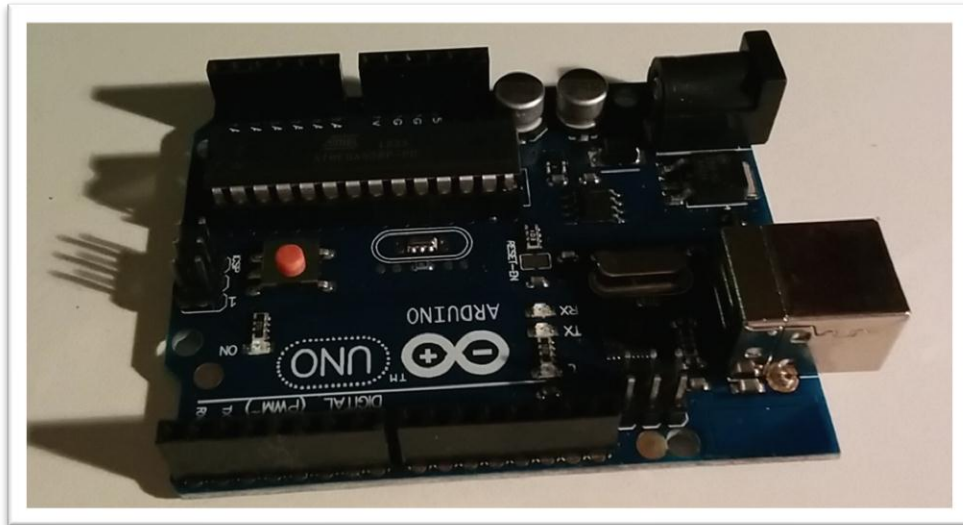


Fig. 34. Microcontrolador Arduino UNO™. (Fotografía: Alfonso Lizárraga)

La escaladora funcionará de manera normal, como lo dictan sus condiciones de fábrica, y se acondicionará con el sensor ultrasónico para medir la distancia en los pasos, marcando un intervalo de funcionamiento. Para determinar esta distancia se midió el punto más alto, y el punto más bajo, tomando como referencia la base de la escaladora, y se establecieron valores que caigan dentro del intervalo. Se hizo una configuración de pulsos, es decir, cada que el valor de la distancia medido desde el sensor ultrasónico sale del intervalo se envía un pulso hacia el microcontrolador (Ver figura 35).

El microcontrolador Arduino™ correrá un programa que continuamente está midiendo la distancia en los pedales de la escaladora, cada que la distancia sea mayor a 15 [cm] este mandará un pulso, si la distancia es menor, enviará un pulso a otro pin, ambos pulsos son mutuamente excluyentes. Cada vez que se supera la distancia de 15 [cm] se interpreta como un escalón o paso dado en el aparato de ejercicio. La velocidad de transmisión de datos es la estándar 9600 baudios. Las lecturas se hacen cada 100 microsegundos, y este valor puede ser modificado si se quisieran hacer más lecturas en menos tiempo.

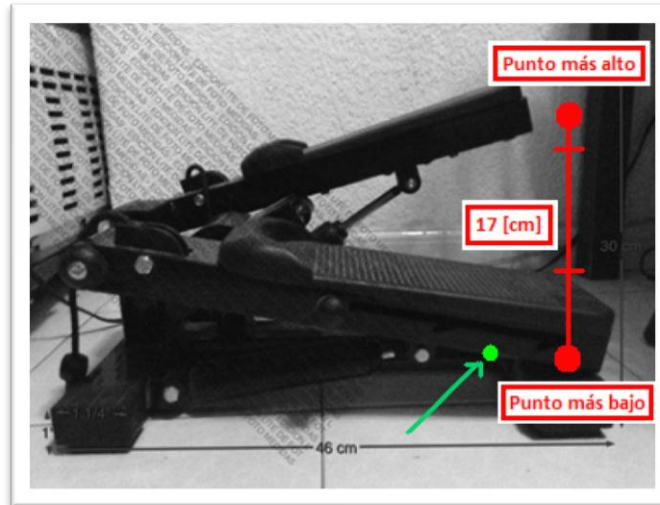


Fig. 35. Configuración del sensor ultrasónico. La máxima distancia que mide son 17 [cm]. El sensor se encuentra localizado en el punto verde. (Elaboración propia)

```
Escaladora
#include <Ultrasonic.h>

#define TRIGGER_PIN 12
#define ECHO_PIN 13

Ultrasonic ultrasonic(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN);

float led0=5;
float led1=6;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float cmMsec;
  long microsec = ultrasonic.timing();

  cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);

  Serial.print("MS: ");
  Serial.print(microsec);
  Serial.print(", CM: ");
  Serial.print(cmMsec);
  Serial.print(led0);
  delay(100);
  if (cmMsec >=15) {
    digitalWrite (led0,HIGH);}
  else {
    digitalWrite (led1,HIGH);
  }
}
```

Fig. 36. Programación del microcontrolador Arduino™. (Elaboración a partir de un proyecto propio)

**Interfaz:** La interfaz será diseñada en C#, lenguaje que se encuentra estandarizado por Microsoft®, lo que se traduce en la facilidad de ejecutar el software en cualquier computadora con sistema operativo Windows®. Se tendrá una computadora corriendo el software de la interfaz, conectada a las pantallas en todo momento. Estimando un tiempo activo diario cercano a 12 horas.

La identidad visual de la interfaz fue propuesta por el área de diseño gráfico, sin embargo su funcionamiento fue propuesto y realizado por el área de Tecnología. Lo primero en realizarse fue una secuencia de uso, qué tendría la interfaz, en qué orden se presentaría, y qué información podría ser visible. Esta secuencia primero se presentó como imágenes, y después fue convertida a videos para su utilización en el primer PFC.



Fig. 37. Secuencia de uso de la interfaz en imágenes. (Elaboración propia)

Se observan seis pantallas, que en orden de izquierda a derecha, primero arriba y después abajo, dejan apreciar lo que sigue:

1. Bienvenida. Aquí se puede iniciar sesión de un usuario existente o crear un nuevo usuario.
2. Nuevo usuario. Se piden datos para la creación de un nuevo usuario. Nombre de usuario, edad, estatura y peso.
3. Home. Se establecen las condiciones del juego. Cuántas personas, qué nivel de dificultad y cuánto tiempo. Dependiendo de las opciones aquí elegidas, en la siguiente pantalla aparecerán diferentes retos.
4. Escenario. Se elige el reto a escalar, pueden ser destinos nacionales o internacionales. Cada reto tiene un nivel de dificultad distinto.
5. Reto. En esta secuencia de imágenes inicial propuesta se elige la pirámide de Chichen Itzá. Tiene información sobre el reto, y una vez que todo esté listo comienza. Las pantallas del reto como tal no se encuentran en esta secuencia de imágenes.
6. Puntajes. Una vez terminado el reto, se puede ver cuántos puntos fueron obtenidos, así como información de calorías gastadas y tiempo consumido. Esta pantalla tiene botones para compartir tus logros con Facebook, Twitter, y Google Plus. Además puedes volver a jugar, elegir otro reto o regresar a Home.

Una pantalla que también quiere agregarse es la de estadísticas personales de cada usuario. En esta página o pantalla podrían verse sus datos ingresados en un inicio, cálculo de su IMC, peso ideal, calorías totales gastadas utilizando el sistema y tiempo de uso acumulado.

Todos los cálculos requeridos los haría internamente el software, mostrando a sus usuarios únicamente resultados. Se muestran ecuaciones y tablas requeridas en las páginas subsecuentes.

IMC:

$$\frac{\text{Peso}}{\text{Talla}^2}$$

El IMC es un valor adimensional donde requiere introducirse el peso en kilogramos y la talla en metros.

Fig. 38. Fórmula IMC.

Peso ideal:

**Devine (1974):**

*Mujer.*

$$PI[Kg] = 45.5 + 0.91(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

*Hombre.*

$$PI[Kg] = 50.0 + 0.91(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

**Robinson (1983):**

*Mujer.*

$$PI[Kg] = 45.5 + 0.67(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

*Hombre.*

$$PI[Kg] = 50.0 + 0.75(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

**Miller (1983):**

*Mujer.*

$$PI[Kg] = 45.5 + 0.535(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

*Hombre.*

$$PI[Kg] = 50.0 + 0.555(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

**Hamwi (1964):**

*Mujer.*

$$PI[Kg] = 45.5 + 0.866(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

*Hombre.*

$$PI[Kg] = 50.0 + 1.06(\text{talla}[cm] - 152.4)$$

Existen muchas fórmulas para conocer el peso ideal de una persona. Debe considerarse que cada una de esas fórmulas fue diseñada bajo condiciones diferentes, y para poblaciones distintas. Usualmente se obtiene la media a partir de los resultados de dichas fórmulas para tener un estimado del peso ideal de un individuo.

Además a través del IMC puede calcularse el intervalo de peso mínimo y máximo ideal para un ser humano. Tendría que hacerse de la siguiente forma:

$$\text{Valor menor del intervalo. } PI[Kg] = (\text{Talla}[m])^2 * 18.5$$

$$\text{Valor mayor del intervalo. } PI[Kg] = (\text{Talla}[m])^2 * 24.99$$

Estos valores pueden utilizarse únicamente en personas adultas mayores a 18 años. Para niños y adolescentes se consideran tablas antropométricas que no serán referenciadas en este trabajo.

Fig. 39. Peso ideal. [34, 35, 36]

Harris – Benedict:**Metabolismo Basal.***Mujer.*

$$MB[kcal] = (10.00 * Peso[Kg]) + (6.25 * Talla[cm]) - (5 * Edad[Años]) - 161$$

*Hombre.*

$$MB[kcal] = (10.00 * Peso[Kg]) + (6.25 * Talla[cm]) - (5 * Edad[Años]) + 5$$

**Factores de Harris – Benedict**

| Actividad física                      | Requerimiento diario de calorías [kcal] |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| Ninguna                               | MB*1.2                                  |
| Ligera (1 a 3 días a la semana)       | MB*1.375                                |
| Media (3 a 5 días a la semana)        | MB*1.55                                 |
| Intensa (Diario)                      | MB*1.725                                |
| Muy intensa (Más de dos veces diario) | MB*1.9                                  |

Fig. 40. Harris - Benedict. [34, 35, 36]

Gasto calórico:

Para calcular el gasto calórico empleado en ciertas actividades se utilizan tablas de factores que utilizados en una fórmula determinan cuántas calorías son utilizadas en dicha actividad. Existen múltiples versiones de fórmulas y de los factores, en un esquema parecido al utilizado para el peso ideal, se elige una tabla y factores aceptados por un sector amplio de la sociedad, y provenientes de un estudio realizado por una institución española llamada C.E.M.A.R.-Centre Mèdic D' Especialitats D'Artés.

La fórmula propuesta es la siguiente:

$$Gasto\ calórico[kcal] = Peso[Kg] * Factor * Tiempo[min]$$

El factor utilizado es el de subir escaleras, que tiene un valor de 0.254.

Es importante recordar que el software únicamente hará un estimado matemático de las calorías utilizadas, y no debe tomarse como válido para otro tipo de cuestiones, ya sea médicas o nutricionales. Además el factor que se usa puede y cambiará dependiendo del tipo de escaladora utilizada, de la resistencia que ésta ofrezca, y del nivel de vigor con que el usuario la utilice.

Fig. 41. Gasto calórico. [37]

Para el reto se eligió un video que hace un recorrido virtual por la pirámide de Chichen Itzá. Se pueden ver algunas imágenes a continuación.



Fig. 42. Reto escaladora. (Elaboración propia a partir de un recorrido virtual proporcionado)

Para evitar el mal uso de la interfaz, se agregan dentro de la programación algunas líneas de código encargadas de detectar y detener operaciones no válidas para el programa. Siendo las principales aquellas que evitan que se escriban letras cuando deben ir números, o que por medio del teclado el usuario pueda saturar el programa. La forma de detección es generando excepciones, es decir errores en el programa conocidos. También se agrega una línea para cualquier otro error no contemplado. A continuación se muestran las líneas de código que detienen estas excepciones y hacen funcionar al programa.

```
private void OKNU_Click(object sender, EventArgs e)
{
    StreamWriter sw = new StreamWriter(@"C:\Users\Walter Augusto\Documents\Visual Studio 2010\Projects\CITEC\Usuarios.txt", true);
    try
    {
        string nombre = tb_nombre.Text;
        nombre = nombre;
        string edad = tb_edad.Text;
        string estatura = tb_estatura.Text;
        string peso = tb_peso.Text;

        if (tb_nombre.Text == "")
        {
            throw new ApplicationException();
        }
        else if (tb_edad.Text == "")
        {
            throw new ApplicationException();
        }
        else if (tb_estatura.Text == "")
        {
            throw new ApplicationException();
        }
        else if (tb_peso.Text == "")
        {
            throw new ApplicationException();
        }

        sw.Write(nombre.ToString() + " " + edad.ToString() + " " + estatura.ToString() + " " + peso.ToString());
        sw.WriteLine();
        sw.Flush();
        sw.Close();

        tb_nombre.Text = "";
        tb_edad.Text = "";
        tb_estatura.Text = "";
        tb_peso.Text = "";
        Demo InDemo = new Demo();
        InDemo.Show();
        this.Hide();
    }
    catch (ApplicationException)
    {
        MessageBox.Show("Todos los campos son obligatorios", "Intenta nuevamente", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
        sw.Close();
    }
}
```

Fig. 43. Interfaz: Control de excepciones. (Elaborado a partir de un proyecto propio)

Conteniendo a la interfaz existirá una computadora. Será una computadora en continuo funcionamiento. Hasta el momento no se ha hablado de cantidad de usuarios para utilizar la estación de fuerza al mismo tiempo, pero se estima que sean por lo menos cuatro. Para esto se requieren cuatro instancias de la interfaz, y cuatro pantallas donde visualizar dicha interfaz. Para ahorrar recursos se pretende utilizar una sola computadora servidor con doble tarjeta gráfica, permitiendo que de ella se alimenten todas las pantallas, y máquinas de ejercicio.

Pantallas: Cada módulo de escaladora, estará conectado a una pantalla. La pantalla a utilizar deberá tener puertos HDMI para la conexión con la computadora, además de tener una superficie resistente a polvo, agua, y otros contaminantes. Debe ser una pantalla para exteriores, amplia y con buena resolución. El área de diseño industrial se encargará de la carcasa que la cubra, protegiéndola de vandalismo, mal uso, y algunos otros actos involuntarios.

Celulares: En un principio se pensaba utilizar una aplicación móvil para CiTec, sin embargo en este punto se pretende usar más bien el navegador web de los celulares para acceder al sistema y hacer un registro en línea. De esta forma no se descarta a usuarios nuevos que lleguen a las estaciones. El registro para utilizar CiTec también se podrá hacer en cualquier otro dispositivo que tenga acceso a internet, sea tableta, reproductor de música o computadora. Una vez hecho el registro se puede ingresar al sistema utilizando únicamente un número de cuenta o trabajador.

Salidas:

Resistencia/Fuerza: Según Peniche la exposición repetida a estímulos de entrenamiento, en especial a aquéllos de predominio aeróbico, produce adaptaciones cardiovasculares que intentan por una parte reducir el estrés cardiovascular para una carga de trabajo particular y por otra parte permitir una mayor capacidad de trabajo máximo [38]. Esto quiere decir que con la acción repetida de un mismo movimiento, eventualmente iremos generando más capacidad para realizarlo. Así se puede definir la resistencia física. Teniendo mayor resistencia física puede decirse coloquialmente que se tiene más fuerza, pues costará menos trabajo realizar la misma acción, y cada vez podremos realizar acciones de carga mayor.

Experiencias compartidas: El modo de uso de CiTec brinda una oportunidad al usuario de compartir sus historias, y platicar a través de sus impresiones, la experiencia vivida. CiTec pretende crear un vínculo entre lo físico y virtual, y una de las formas de realizarlo es siguiendo la tendencia actual de uso de redes sociales. Cada vez es más difícil pensar en un mundo que no se comunique a través de Facebook, Twitter, y otros. Hoy en día las distancias ya no son tan grandes, pues a través de distintos dispositivos podemos acercar, si se le puede llamar así, a otros usuarios.

Emociones: Según algunos autores se define la emoción como una respuesta de naturaleza biopsicosocial a un estímulo o situación significativos, la cual involucra un proceso afectivo psicológico, o una fuerte reacción y expresión corporal, y un impulso a la acción [39]. Lo que se traduce como una alteración de nuestro estado natural, para llegar a un estado de excitación, interés o felicidad, en caso de ser una emoción positiva, o un estado depresivo, lúgubre, triste en caso de ser una emoción negativa. Las emociones suelen acompañarse de respuestas somáticas, que van de acuerdo a las distintas provocaciones.

CiTec busca emociones positivas a través de la activación física, utilizando tecnología en forma de elementos de la vida cotidiana para acercarse a sus usuarios, y a la vez acercarlos a ellos a otros usuarios de las mismas tecnologías; combinado con elementos de ejercicio y algunas características del cuerpo humano, se genera también un cambio positivo físico inmediato en todos los usuarios, y si siguen con programas de ejercicio regular, un cambio físico a mediano y largo plazo.

## Prototipos

Para continuar con el proceso de diseño, teniendo ya definido el concepto, los sistemas involucrados, entradas y salidas de los mismos, se acostumbra hacer uno o más prototipos, o modelos para aterrizar algunos conceptos, hacer pruebas y determinar si el proceso debe continuar o detenerse en alguna etapa. Para CiTec se decidió hacer la construcción de un prototipo de función crítica. El prototipo fue construido con algunos materiales nuevos, y otros que fueron reciclados de proyectos anteriores. Las tecnologías como pantalla LCD y computadora, así como la escaladora fueron prestadas por miembros del equipo.

Este prototipo de función crítica pretendía evaluar la respuesta del usuario al utilizar el equipo. Se instaló una primera versión del software a utilizar, que aún requería interacción directa del usuario. El sensor ultrasónico ya realizaba las mediciones necesarias y se encontraba comunicado con el software. Para las otras áreas se instalaron versiones que cumplieran con la función crítica de sus materiales, aunque no en todos los casos serían estos los materiales finales. Respecto al costo del equipo, y su precio de venta, se hablará en la sección de producción y comercialización.



Fig. 44. Primer PFC: Escaladora. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel)

Se instaló a un costado del área de posgrado de ingeniería dentro de las instalaciones del anexo de ingeniería. Al poner la estructura que contendría la pantalla, y los tubos donde posteriormente se instalaría la escaladora se obtuvo una respuesta inmediata por parte de la gente que cruzaba. Se empezaron a tener curiosos que preguntaban para qué eran los tubos y la escaladora. Fue la respuesta que se esperaba aún antes de agregar las opciones tecnológicas.

Una vez instalada la pantalla, la escaladora adquirió nuevas dimensiones, pues ya se podía ver que existía un propósito definido. Más que una escaladora con barandal, se apreciaba ahora el concepto completo. Era una estación, un módulo o un juego. Además podía apreciarse en el entorno algo, lo que empezó como unos palos enterrados en el pasto le daban más profundidad e importancia.

Con la imagen obtenida se pudo comprobar que uno de los primeros objetivos estaba bien enfocado y tendría un cumplimiento exitoso. Las personas se acercaban, se generaba un interés genuino. Se preguntó muchas veces para qué servía, y después de una breve explicación se invitó a algunas personas a probarlo. Era de interés conocer su opinión al respecto, qué sintieron cuando se subieron, cómo se sintieron después.

Los resultados del primer prototipo de función crítica fueron favorables. Reporteros de la gaceta interna de la Facultad de Ingeniería estuvieron ese día en el lugar, y la mejor forma de compartir los resultados obtenidos será a través de las líneas que ellos escribieron sobre las experiencias vividas en aquella exposición de proyectos.

*El otro equipo, denominado Citec, logró obtener un patrocinio por 200 mil pesos de la Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas de la UNAM para instalar a fines de este año el primer módulo de su circuito de activación física, esparcimiento y relajación en un espacio ubicado entre la zona de frontones y las canchas de futbol americano. Citec está conformado por Alicia Andrea Esquivel Peña del CIDI; Ana Eugenia Montiel Vilchis de Arquitectura de Paisaje; Juan Eric Durán Piña de la maestría en Ingeniería Mecánica; Mauricio Cardoso Díaz González de la UAEMEX, y Walter Augusto Bravo Gutiérrez de Ingeniería Mecatrónica.*

*Su proyecto involucra el diseño y fabricación de aparatos deportivos, microclimas, el espacio abierto, buscando su integración al paisaje de Ciudad Universitaria, una aplicación móvil, el software y los diseños de las interfaces de cada módulo. El licenciado Demetrio Valdez Alfaro, director de Actividades Recreativas de la DGADyR, probó la escaladora con la simulación de subir la pirámide de Chichen Itzá; una vez que realizó los movimientos necesarios para lograrlo, le apareció un mensaje de felicitación por haber llegado a la meta.*

*“Es un proyecto divertido, moderno y útil para la comunidad universitaria y para todas aquellas personas que encontrarán en esta propuesta un nuevo sentido lúdico del acondicionamiento físico. Después de garantizar el éxito de la primera etapa, los estudiantes y la UNAM podrán buscar otros patrocinadores para completar el proyecto”, dijo Valdez Alfaro. [40].*

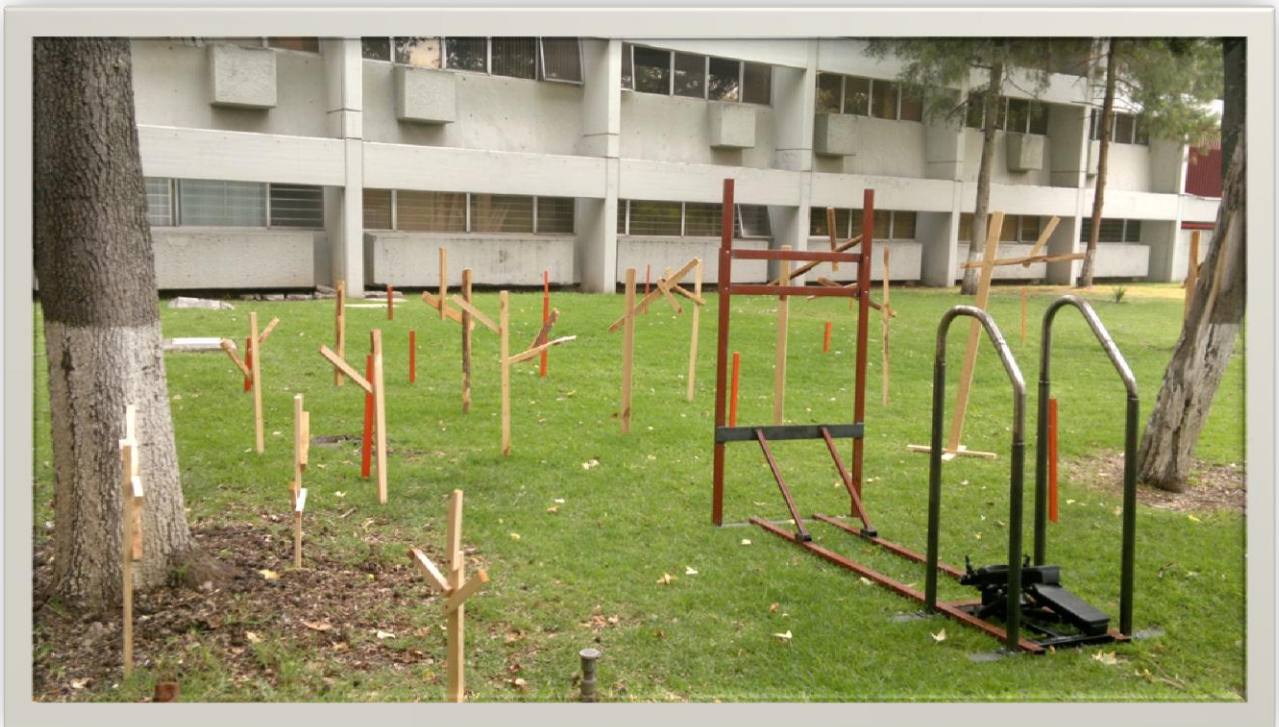


Fig. 45. Primer PFC: Reto escaladora. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel)



Fig. 46. Primer PFC: Pruebas con usuarios. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel. Usuario: Jorge Montiel)



Fig. 47. Primer PFC: Pruebas con usuarios. (Fotografía: Ana Montiel y Alicia Esquivel. Usuario: Demetrio Valdez)

## Producción

Con los resultados obtenidos del PFC se optó por continuar el proceso de diseño haciendo cotizaciones individuales de cada área de conocimiento.

| Cotización área tecnología       |                                              |                                           | Fecha: Abril 2014         |                     | Moneda: MXN  |
|----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------|
| Ítem                             | Descripción                                  | Proveedor                                 | Costo Unitario            | Cantidad            | Subtotal     |
| <b>Sección: Sensores</b>         |                                              |                                           | <b>Total por sección:</b> |                     | <b>748</b>   |
| Ultrasónico                      | HC SR04                                      | Plaza de la tecnología. Centro Histórico. | 150                       | 4                   | 600          |
| Conexiones                       | Jumpers (50 piezas)                          | Ídem                                      | 100                       | 1                   | 100          |
| Conexiones                       | Cable (1 [m])                                | Ídem                                      | 4                         | 10                  | 40           |
| Conexiones                       | Termofit (1[m])                              | Ídem                                      | 4                         | 2                   | 8            |
| <b>Sección: Microcontrolador</b> |                                              |                                           | <b>Total por sección</b>  |                     | <b>1272</b>  |
| Arduino UNO™                     | A000066                                      | http://www.agelectronica.com              | 403                       | 2                   | 806          |
| Cable                            | A000045                                      | Ídem                                      | 45                        | 2                   | 90           |
| Caja                             | A000009                                      | Ídem                                      | 188                       | 2                   | 376          |
| <b>Sección: PC Servidor</b>      |                                              |                                           | <b>Total por sección:</b> |                     | <b>6100</b>  |
| Gabinete                         | ATX                                          | Plaza de la tecnología. Centro Histórico. | 350                       | 1                   | 350          |
| Fuente de poder                  | 500 Watts                                    | Ídem                                      | 150                       | 1                   | 150          |
| Procesador                       | Intel Core 2 Duo                             | Ídem                                      | 1500                      | 1                   | 1500         |
| Tarjeta madre                    | Gigabyte                                     | Ídem                                      | 1000                      | 1                   | 1000         |
| Tarjeta de red                   | PCI                                          | Ídem                                      | 250                       | 1                   | 250          |
| Tarjeta de gráficos              | NVidia® GeForce™ 210 1 Gb Ddr3               | Ídem                                      | 600                       | 2                   | 1200         |
| Adaptador                        | DVI a HDMI                                   | Ídem                                      | 100                       | 2                   | 200          |
| Memoria RAM                      | 4 Gb Kingston                                | Ídem                                      | 600                       | 1                   | 600          |
| Unidad de CD                     | Lectora                                      | Ídem                                      | 350                       | 1                   | 350          |
| Disco Duro                       | 80 Gb                                        | Ídem                                      | 350                       | 1                   | 350          |
| Cableado                         | Cable de poder, y cables internos            | Ídem                                      | 250                       | 1                   | 150          |
| <b>Sección: Otros</b>            |                                              |                                           | <b>Total por área:</b>    |                     | <b>68020</b> |
| UPS                              | Regulador No Break                           | Plaza de la tecnología. Centro Histórico. | 700                       | 1                   | 700          |
| UPS                              | Supresor de picos                            | Ídem                                      | 150                       | 2                   | 300          |
| Pantalla para exteriores         | SunBrite® 32" SB3230                         | http://www.productosexitosos.com          | 16000                     | 4                   | 64000        |
| Módem                            | Externo                                      | Plaza de la tecnología. Centro Histórico. | 250                       | 1                   | 250          |
| Cableado                         | Cable de red (Bobina de 50 [m])              | Ídem                                      | 500                       | 1                   | 500          |
| Cableado                         | Conector RJ45 (100 piezas)                   | Ídem                                      | 90                        | 1                   | 90           |
| Cableado                         | Extensión eléctrica para exteriores (30 [m]) | Ídem                                      | 200                       | 1                   | 200          |
| Cableado                         | Cable HDMI (2 [m])                           | Ídem                                      | 120                       | 4                   | 480          |
| Cableado                         | Imprevistos                                  | Ídem                                      | 1500                      | 1                   | 1500         |
| <b>Gran Total</b>                |                                              |                                           |                           | <b>\$ 76,140.00</b> |              |

Tabla 7. Cotización tecnología para la estación de fuerza. Zona C. (Elaborada en abril 2014)

La cotización mostrada se realizó pensando en 4 usuarios por estación, y es únicamente del área de tecnología. Se debe sumar el costo de las demás áreas involucradas en este proyecto para obtener un cálculo final de la estación como tal. Se estima que las condiciones de instalación sean óptimas, y el cableado pueda hacerse por fuera. Si se considerara una zona alejada de fuentes de energía eléctrica, o con condiciones especiales, algunas modificaciones tendrían que hacerse. Las cotizaciones de las demás áreas no se encuentran en este trabajo, pues dos dependen del lugar dónde se instalarán los equipos (paisaje y diseño industrial) y una depende de un prototipo aún en desarrollo (diseño mecánico).

El costo del área de tecnología es el más elevado, y es el punto determinante de cada estación. La siguiente cotización elevada relativamente sería la de paisaje, dependiendo de qué tanto se necesite acondicionar el espacio. Por la parte de diseño industrial y diseño mecánico no se espera un gasto tan alto en materiales, sin embargo el costo podría elevarse si no se cuenta con los equipos para manufacturar sus entregables; se suponen ya costos de operación de las máquinas, y se puede estimar un costo para este módulo cercano a 150 mil pesos. En este costo se asume un terreno ideal donde no tendrán que hacerse muchas modificaciones estructurales, pues ya contará con servicios cercanos de electricidad e internet.

También se realizó un plan de trabajo (Ver tablas 9 y 10) para el proceso constructivo de la estación de fuerza. Zona C. Se realizó un plan por cada área, mismo que será integrado en un proceso constructivo general en trabajo posterior.

Se realizaron todos los cálculos económicos hasta este punto sin considerar el rubro de honorarios o sueldos por la realización de cada actividad. Se está considerando en un principio que sea el mismo equipo de trabajo que conforma CiTec quien se ocupe de todas las actividades necesarias tanto de operación, así como instalación y mantenimiento.

| Proceso constructivo: Parte 1 |                                      |                                                                                                                                                                                                                            |                                                  |                                 |                                                             |                                        | Área tecnología        |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orden                         | Etapa                                | Actividades                                                                                                                                                                                                                | Insumos                                          |                                 | Área de conocimiento                                        | Tiempo aproximado y forma de ejecución | Costo aproximado (MXN) | Reseña del proceso                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                            | Materiales                                       | Herramientas                    |                                                             |                                        |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1                             | Evaluación de la zona de instalación | Ubicación de contactos eléctricos. Pruebas de cantidad y calidad de señal 3G y WiFi. Pruebas de ruido eléctrico. Observación de suelo para colocación de cableado.                                                         | Gasolina                                         | Multímetro. Flexómetro. Laptop. | Electricidad. (Técnico o ingeniero)                         | Por evento. 3 horas.                   | 400                    | Se aseguran las condiciones del terreno para tener certeza de la viabilidad del área de tecnología en la zona, o bien, realizar una lista de las modificaciones necesarias al plan original, o una lista de las peticiones a quien esté a cargo del terreno.                      |
| 2a                            | Instalación equipo físico            | Colocación de una computadora servidor. Cableado entre microcontroladores y servidor local. Colocación y cableado de pantallas. Asegurar voltaje constante para todos los equipos. Conectar todo y comprobar que encienda. | Referirse a la cotización del área de tecnología | Desarmadores. Navaja. Cautín.   | Eléctrico - Electrónica. (Técnico o ingeniero)              | Por evento. Jornada completa. 8 horas. | 500                    | Se asegura el correcto funcionamiento del equipo instalado y se verifica que las condiciones eléctricas sean las adecuadas para llegar a la vida útil de cada equipo.                                                                                                             |
| 2b                            | Instalación software                 | Instalación de todo el software necesario para la ejecución y control del sistema operativo en el servidor local. Instalación de la interfaz y programación de los microcontroladores.                                     | Software sujeto a condiciones                    | CD o unidad portátil USB.       | Eléctrico - Electrónica. (Ingeniero)                        | Por evento. Jornada completa. 8 horas. | 800                    | Se asegura la correcta instalación de la infraestructura informática necesaria para que el equipo funcione.                                                                                                                                                                       |
| 2c                            | Instalación equipo físico            | Revisión de impermeabilidad y adecuada protección al viento, polvo, y demás condiciones adversas.                                                                                                                          | No especificado                                  | No especificado                 | Mecánica. Eléctrico - Electrónica. Mecatrónica. (Ingeniero) | Por evento. 4 horas.                   | 400                    | Se revisa que toda la instalación de la estación haya sido de acuerdo a especificaciones y que no existan defectos de fabricación en ninguna pieza que pueda poner en riesgo la integridad de los equipos. Se verifica la instalación de seguridad del área de diseño industrial. |

Tabla 8. Proceso constructivo: Parte 1. Área tecnología. (Elaborado en abril 2014)

| Proceso constructivo: Parte 2 |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                            |                 |                 |                                                                                      |                                                                                      | Área tecnología        |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orden                         | Etapa                                | Actividades                                                                                                                                                                                                                                                | Insumos         |                 | Área de conocimiento                                                                 | Tiempo aproximado y forma de ejecución                                               | Costo aproximado (MXN) | Reseña del proceso                                                                                                                                                                                                                                   |
|                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                            | Materiales      | Herramientas    |                                                                                      |                                                                                      |                        |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3                             | Pruebas de Operación                 | Ejecución del software de cada estación.<br>Comprobación de conexiones locales servidor-pantallas, servidor-microcontroladores, servidor-internet.                                                                                                         | NA              | NA              | Computación.<br>Eléctrico - Electrónica.<br>(Ingeniero)                              | Por evento. 4 horas.                                                                 | 600                    | Se revisa que todo el software funcione correctamente y que no haya problemas con el hardware instalado.                                                                                                                                             |
| 4                             | Establecer herramientas de monitoreo | Ejecución de software de monitoreo remoto.<br>Descarga de actualizaciones.<br>Comprobación de conexión a servidor central.<br>Verificación de velocidad de conexión y uso de datos.                                                                        | NA              | NA              | Computación.<br>Eléctrico - Electrónica.<br>(Ingeniero)                              | Por evento.<br>Jornada completa. 8 horas. Al menos una vez al mes.                   | 800                    | Se verifica que la conexión 3G sea lo suficientemente buena para poder descargar actualizaciones de software a la estación. Se revisa que el módulo instalado sea actualizado correctamente con la última versión disponible en el servidor central. |
| 5                             | Desplegar interfaz y pruebas         | Ejecución de interfaz de la estación y realización de pruebas exhaustivas en diferentes condiciones climáticas del funcionamiento del servidor local y sensores. Verificar que esté lista para ser utilizada la estación en su totalidad tecnológicamente. | No especificado | No especificado | Computación.<br>Mecánica.<br>Eléctrico - Electrónica.<br>Mecatrónica.<br>(Ingeniero) | Por evento.<br>Jornada completa. 8 horas. Al inicio y en mantenimientos programados. | 800                    | Se asegura el correcto funcionamiento de todos los sistemas.                                                                                                                                                                                         |

Tabla 9. Proceso constructivo: Parte 2. Área tecnología. (Elaborado en abril 2014)

## Comercialización

Se define como usuario a toda persona, estudiante, académico o trabajador, que utiliza el sistema para fines recreativos o de inicio de actividad física. Existe una diferencia con los clientes, que se definen como aquellas empresas o instituciones que adquieran algún módulo de CiTec para instalarse en alguna de sus propiedades. El cliente adquiere algún esquema de negocio para poderlo ofrecer a sus usuarios designados.



Fig. 48. Beneficios para el usuario. [41]

- Servicio gratuito: Toda la comunidad universitaria puede utilizar CiTec, así como trabajadores y académicos. Lo único que se requiere es un registro en la web, o en sitio para empezar a utilizarlo.
- Servicio personalizado en cada visita: A través del perfil de cada usuario se pueden ofrecer distintos anuncios, mensajes, o consejos. La base de datos se encargará de almacenar y proveer toda la información requerida. Dependerá de cada cliente qué quiera ofrecer a sus usuarios.

- Interacción con el ambiente: Al ser una estación encontrada en cielo abierto, y parte de un circuito, el usuario podrá interactuar con la naturaleza. Tendrá espacio suficiente para ejercitarse, hacer uso de los aparatos y si así lo desea realizar alguna otra actividad.
- Formación de nuevos vínculos sociales: Los usuarios tendrán nuevas experiencias que compartir. Podrán hacerlo con otros usuarios del circuito, comentando sobre sus retos y compartiendo estadísticas. También pueden compartirlo con sus amigos, ya sea en persona o a través de redes sociales.
- Beneficios emocionales y físicos: Los beneficios de la actividad física son conocidos y ya han sido explicados en capítulos anteriores.

CiTec ofrece un plan de negocios pensado en distintos escenarios. Se considera cliente a instituciones tanto de sector público como privado. Por el sector público puede ser la dependencia adecuada de la UNAM, en este caso la DGADyR, la dependencia que se encargue de todas las actividades recreativas del IPN, y algunas otras instituciones de gobierno como la CONADE, o institutos de fomento al deporte en cada uno de los estados. En el ámbito privado la lista de clientes potenciales puede ser muy amplia, toda corporación o marca que se preocupe por ofrecer a sus empleados un ambiente de trabajo integral, o cualquier fundación o persona encargada de fomentar el deporte. La siguiente figura (Fig. 49) muestra algunos clientes potenciales, con datos obtenidos de reportes generados en el año 2012.

Se menciona al Tecnológico de Monterrey como posible cliente, y la inversión mostrada es en publicidad. Se hace mención de esta inversión porque un esquema de ventas de CiTec ofrece publicidad a través de las diferentes estaciones. Aunque el objetivo principal es el de activación física y transformación de espacio, se pueden hacer llegar mensajes a los usuarios, ya sea con anuncios o mensajes de la empresa.



Fig. 49. Clientes potenciales. [41]



Fig. 50. Beneficios para el cliente. [41]

- Posicionamiento de marca: CiTec tiene pantallas de televisión encendidas durante su uso. Dentro de cada una de estas pantallas puede proyectarse información que refleje la marca de cada cliente.
- Consumo del producto: Además de tener presente la marca, pueden ofrecerse distintos productos para cada cliente o sector proyectado. Pueden ser productos físicos, o podemos hablar de productos virtuales, filosofías de marca, o misión y visión de las empresas. En el ámbito de ingeniería la mayor parte de las empresas trabajan con LEAN Manufacturing o Six Sigma. Una excelente forma de ofrecer estas filosofías es a través de los mensajes personalizados.
- Información al consumidor: Se pueden ofrecer mensajes importantes, ya sean programados o de emergencia a través del software. El consumidor o usuario puede enterarse de cosas que la empresa tenga que informar a través del uso de CiTec.
- Rehabilitación de espacios abiertos: Existen zonas que requieren revitalización para poder ser aprovechadas correctamente. Teniendo un plan bien estructurado de trabajo todas las empresas podrían dedicar partes de su espacio abierto a CiTec, de manera que no sólo evite afectar sus operaciones, sino que enriquezca el trabajo que ahí se realiza, manteniendo alta la moral de los empleados.
- Propuestas de diseño adaptadas a sus necesidades: CiTec está pensado para su instalación dentro de Ciudad Universitaria, sin embargo su potencial puede escalarse y crecer a cualquier espacio abierto. La propuesta de diseño presentada en este documento está adaptada para CU, y para realizar cualquier otra propuesta debería adaptarse a nuevas necesidades también. El software es exclusivo para cada zona donde CiTec sea instalado, y por medio de personalización de dicho software y transformación exclusiva de espacio pueden ofrecerse todos los beneficios mencionados al cliente. Si el cliente quisiera estructurar un plan específico para que CiTec fuera parte de la rutina diaria de todos los empleados también se podría prestar la atención necesaria para ello.

Se proponen tres esquemas de ventas distintos, que se puedan adaptar a todos los clientes.



Fig. 51. Esquemas de venta. [41]

1. Venta: Se hace el diseño de paisaje acorde con el espacio donde quiera instalarse. Se ofrecen todos los aparatos, software personalizado e instalación. Cualquier trabajo de mantenimiento será posterior, concertando cita y con cobro por evento.
2. Renta para publicidad: Se hace el diseño de paisaje acorde con el espacio donde quiera instalarse. Se ofrecen todos los aparatos, software personalizado dentro del esquema de renta, e instalación.

Se cuenta con un software con puntos específicos para personalización, pero las modificaciones se mantienen estándar. Se hace esto para poder ofrecer costos bajos y una renta accesible. Además se hace seguimiento del perfil de los usuarios, la percepción de la marca, y se ofrece mantenimiento constante. La instalación de los aparatos

también se puede personalizar, dentro de opciones ya contempladas. A pesar de ser para renta, la esencia del cliente puede plasmarse.

3. Venta para publicidad: Se hace el diseño de paisaje acorde con el espacio donde quiera instalarse. Se ofrecen todos los aparatos, software personalizado dentro del esquema de renta, e instalación.

Se cuenta con un software totalmente personalizado, además de la transformación del espacio completamente adaptada a las necesidades del cliente. En este esquema de venta la identidad del cliente queda plasmada completamente con CiTec. Además se hace seguimiento del perfil de los usuarios, la percepción de la marca, y se ofrece mantenimiento programado.

### Otras consideraciones

Existen diversas figuras jurídicas que son de interés para el proyecto (Ver también la sección de Propiedad intelectual en el Glosario):

| Propiedad intelectual |                        |                                |                                                                                |                                                                     |                                           |                          |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| Institución           | Costo aproximado (MXN) | Figura jurídica                | Definición                                                                     | Requisitos                                                          | Tiempo de monopolio                       | Territorialidad          |
| IMPI                  | 9000                   | Patente                        | Derecho exclusivo concedido a una invención (Procesos, tecnología o productos) | Novedad, actividad inventiva, aplicación industrial                 | 20 años                                   | Nacional                 |
| IMPI                  | 9000                   | Registro de modelo de utilidad | Configuración novedosa de elementos ya existentes                              | Novedad, aplicación industrial                                      | 10 años                                   | Nacional                 |
| IMPI                  | 4000                   | Registro de diseño industrial  | Representación en 3D o 2D que dan lugar a un producto                          | Novedad, aplicación industrial                                      | 15 años                                   | Nacional                 |
| INDA                  | 198                    | Derechos de autor              | Derechos concedidos sobre obras artísticas y software                          | Idea plasmada en un soporte material susceptible de ser reproducido | Vida de el/los autores y 100 años después | Nacional e internacional |
| IMPI                  | 2300                   | Marca                          | Signo distintivo de un producto                                                | Pago de derechos, novedad                                           | 10 años                                   | Nacional                 |

Tabla 10. Propiedad intelectual. (Elaboración propia)

El proyecto puede protegerse de distintas formas, dependiendo de cada área. El área de diseño mecánico puede proteger la escaladora diseñada exclusivamente para CiTec bajo la figura de patente. El área de diseño industrial puede proteger bajo la figura de registro de diseño industrial las protecciones que brindarán seguridad al usuario. El área de tecnología tiene oportunidad de proteger bajo derechos de autor el software creado, además de registrar como modelo de utilidad la posición y función del sensor ultrasónico. Todo el proyecto en conjunto podría protegerse por cada estación de manera independiente, utilizando también la figura de registro de modelo de utilidad. Finalmente, una protección que también sería para todas las áreas es la de marca. Se puede registrar la marca CiTec, aunque debe hacerse una búsqueda

previa en línea de posibles registros similares de todas las figuras aquí mencionadas. De existir alguno debe verificarse la vigencia de monopolio del mismo.

Otra consideración aún no mencionada es la del consumo energético de los equipos a utilizar. Se estima el gasto energético aproximado, y en condiciones de operación estándar, por aproximadamente 12 horas diarias. Se están considerando cuatro pantallas de exteriores LCD, y una computadora servidor, además de otros dispositivos pequeños, como módem, UPS, algunos focos LED, entre otros.

| Consumo energético                                      | Consumo [kWh] | Consumo diario [kWh] (12 horas) | Consumo bimestral [kWh] | Consumo anual [kWh] |
|---------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Pantalla para exteriores SunBrite 32" SB3230            | 0.0611        | 0.7333                          | 43.9992                 | 263.9952            |
| Pantallas por estación: 4                               |               |                                 |                         | 1055.9808           |
| Computadora Servidor                                    | 0.0700        | 0.8400                          | 50.4000                 | 302.4000            |
| Foco LED                                                | 0.0230        | 0.2760                          | 16.5600                 | 99.3600             |
| Focos por estación: 4                                   |               |                                 |                         | 397.4400            |
| <b>Total [kWh] (Anual)</b>                              | 0.4064        | 4.8773                          | 292.6368                | <b>1755.8208</b>    |
| <b>Costo [MXN] (Anual)</b>                              | <b>0.88</b>   | <b>10.58</b>                    | <b>635.02</b>           | <b>3810.13</b>      |
| <b>Huella de carbono [Kg de CO<sub>2</sub>] (Anual)</b> | <b>1.3381</b> | <b>16.0570</b>                  | <b>963.4189</b>         | <b>5780.5132</b>    |

Tabla 11. Consumo energético. Se estima un costo de Kilowatt-hora de \$2.17 pesos mexicanos según tarifas de CFE para abril 2014, en una demanda de media tensión, y haciendo una media entre los precios de energía base y pico. (Elaboración propia)

Haciendo cuentas del consumo energético estimado por 12 horas de uso diario, se tiene finalmente una huella de carbono aproximada de 6 toneladas métricas anuales. Según estudios realizados por CAIT [42], un ciudadano mexicano en promedio genera anualmente 5.9 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>. Con este dato se puede afirmar que es un proyecto sustentable y sostenible, pues no genera mayor huella de carbono que una persona promedio en nuestro país.

Finalmente para explicar mejor el uso de la estación de fuerza de CiTec, se elaboró un pequeño guión gráfico. En este guión se sigue la vida de un día normal de clases para Jaimito, un estudiante promedio de la Universidad Nacional Autónoma de México.

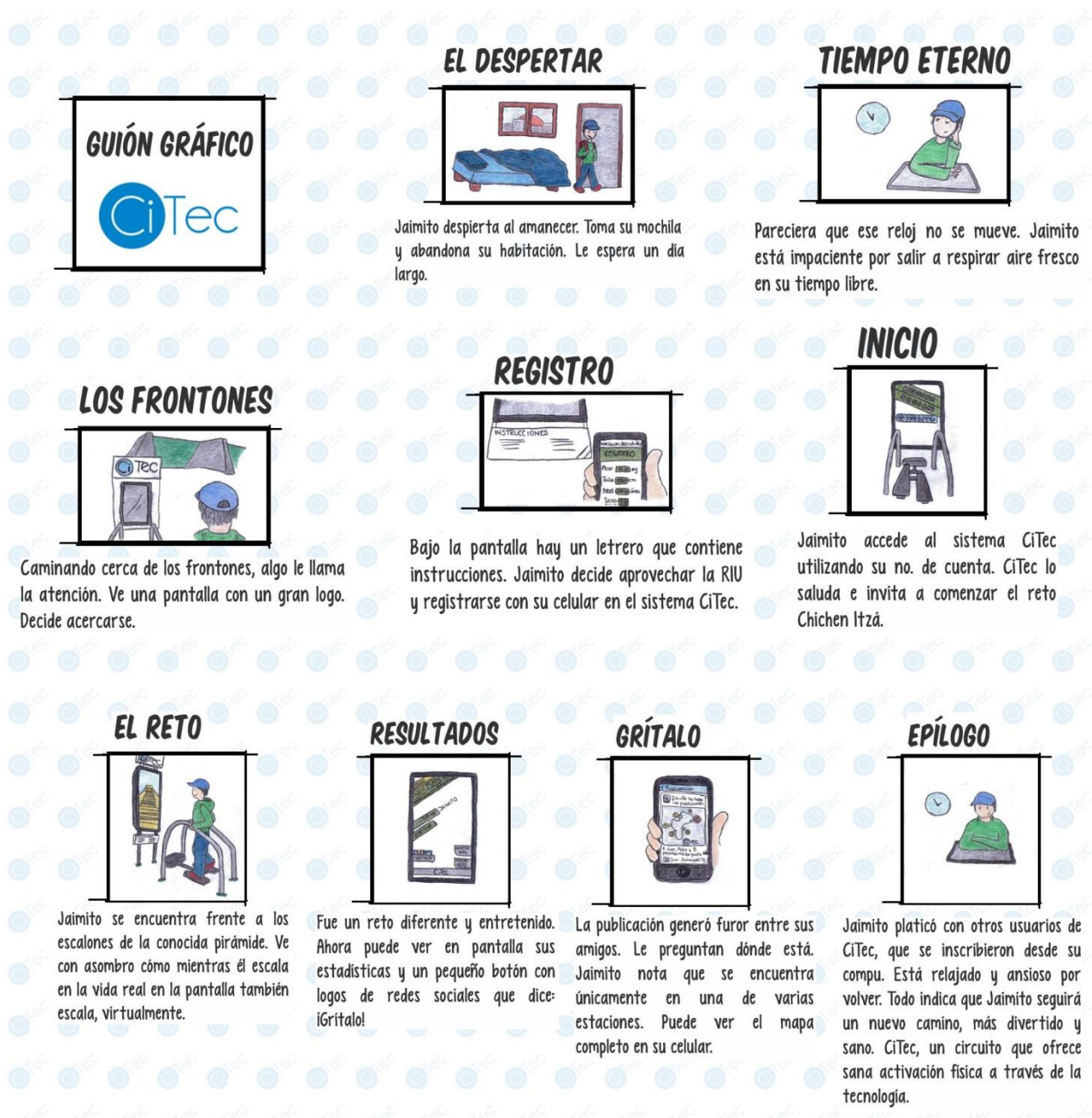


Fig. 52. Guión gráfico CiTec. (Elaboración propia)

---

## VI. CONCLUSIONES

---

CiTec se presentó como una promesa a futuro, con impacto social elevado, grandes beneficios y una huella de carbono reducida. Los resultados iniciales obtenidos después de las pruebas con el primer PFC fueron satisfactorios. Se generó un genuino interés en las personas que pasaron aquel día cerca del PFC. La creación y desarrollo de la estación de fuerza fueron parte de un proceso interdisciplinar, que permitió tener más claros los objetivos y poder llegar a un producto final funcional, parte primordial de cualquier proceso de diseño.

El principal objetivo de CiTec se puede cumplir con facilidad, pues debido al enfoque interdisciplinario mencionado, cada estación de CiTec después de un análisis minucioso puede formar parte del espacio público actual, y transformarlo. El mayor reto, que fue el de encontrar tecnología para incentivar a los usuarios, fue solucionado gracias al aporte de los conocimientos de ingeniería mecatrónica adquiridos en la facultad. El área de tecnología se encargó de evaluar las distintas opciones existentes en el mercado, y a través de algunos criterios se fueron eliminando tecnologías, llegando a una solución bastante sencilla, pero con gran potencial.

CiTec como concepto, y como prototipo generaron ya la activación física buscada en algunos usuarios, concretamente visitantes de la exposición de proyectos realizada en junio 2013 en el área de posgrado de ingeniería. Dentro de esos usuarios se encontró el director de actividades recreativas de la UNAM, Lic. Demetrio Valdez Alfaro, quién dio una crítica positiva al proyecto. Como parte de los resultados obtenidos, y en relación con el licenciado, se obtuvo interés por parte de la DGADyR en hacer un patrocinio de 200 mil pesos para la instalación y construcción de la estación de fuerza, zona C, de CiTec en un futuro cercano.

El área de tecnología fue la encargada de encontrar la forma de vincular la transformación del espacio (paisaje), con el aparato de ejercicio (diseño mecánico), el concepto y su seguridad (diseño industrial) en un prototipo funcional, y con aspiraciones a futuro. Se logró hacer este vínculo eligiendo hacer un sistema de sensores en tiempo real, que estuvieran conectados figurativamente con pantallas y con el aparato de ejercicio. Los sensores, el sistema de interfaz,

CiTec y la pantalla fueron parte del proceso creativo, que hace a la estación un sistema mecatrónico, y no una serie de objetos separados.

El sistema CiTec se hizo para la interpretación de los sensores, para lograr una comunicación efectiva y envolvente con el usuario, siendo estos los objetivos específicos del área. La interfaz fue escrita en lenguaje C#, probada en tiempo real con usuarios, y logró la comunicación esperada. Los usuarios pudieron disfrutar de una realidad virtual personalizada, al escalar una pirámide y obtener estadísticos personales después de completar el reto. La instrumentación realizada es sencilla, pero tiene potencial de crecer y de explotarse de muchas maneras.

Por la parte tecnológica se puede establecer claramente un resultado satisfactorio, esperado y con mucho trabajo a futuro, mismo que será comentado más adelante. Por la parte de diseño gráfico se obtuvo una identidad de proyecto, que pudo verse reflejada en todas las demás áreas, y por supuesto en el primer PFC. Por la parte de diseño industrial se creó una distribución de espacio dentro de una estructura, que albergó el PFC. Dicha estructura fue la base para ayudar a darle un propósito a los elementos separados de CiTec, además de brindar seguridad al usuario.

El área de diseño mecánico se encargó de hacer pruebas y elaboración de diagnósticos sobre el uso de un dispositivo escaladora de manufactura comercial. A través de los experimentos realizados recopiló información suficiente sobre el posible diseño / rediseño del dispositivo escaladora, misma que se usará en trabajo a futuro para la creación del aparato escaladora exclusivo de CiTec.

Finalmente el área de arquitectura de paisaje evaluó las características espaciales de la poligonal de estudio, los frontones, base de la justificación del emplazamiento de CiTec y posteriormente realizó un análisis de las cualidades intrínsecas de cada zona del circuito para determinar qué usos y actividades serían recomendables. Una vez que la zonificación estuvo definida, se diseñó el concepto espacial por zona de acuerdo a su potencial y problemática. El diseño de la paleta vegetal fue un criterio determinante para el concepto general, ya que reforzaba y exaltaba la identidad de CiTec como un servicio incluyente en su contexto ambiental y social. El reto para la arquitectura de paisaje fue integrar todas las partes que interactuarían

en cada estación, visualmente el espacio debería leerse como un conjunto con distintos elementos pero que simultáneamente están ligados por un común. En el prototipo final, se incluyó una serie de elementos verticales que simulaban distintos estratos vegetales que envolvían la pantalla y el aparato de activación física. La madera fue el material seleccionado para fabricar el prototipo de paisaje, por ser un material vivo y cercano al producto final.

Un producto funcional no puede existir sin un concepto sólido y estudiado detrás. Todas las áreas dedicaron gran parte de su tiempo en la generación de este concepto, y el mayor logro obtenido fue la culminación del mismo en un primer PFC. La etapa de diseño en la que se encuentra CiTec fue la que más tiempo tomó, sin embargo, con las aportaciones de todas las áreas, el trabajo a futuro podrá ser rápido y eficiente, las bases quedaron ya asentadas para continuar.

---

## VII. SITUACIÓN ACTUAL Y TRABAJO A FUTURO

---

Actualmente CiTec se encuentra en reestructuración y reevaluación de algunos aspectos. Se le ofreció un patrocinio por 200 mil pesos, mismo que no ha sido recibido. La situación de algunos de los lugares propuestos para la instalación también ha cambiado y debe volverse a plantear el diseño de algunas estaciones. El concepto general se mantiene sólido, así como la misión y visión de CiTec. Cada área se encuentra trabajando en distintos pendientes. Se hizo una adición en el equipo que ha resultado muy productiva. El nuevo equipo CiTec cuenta con la presencia de Alfonso Lizárraga, estudiante de ingeniería mecatrónica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

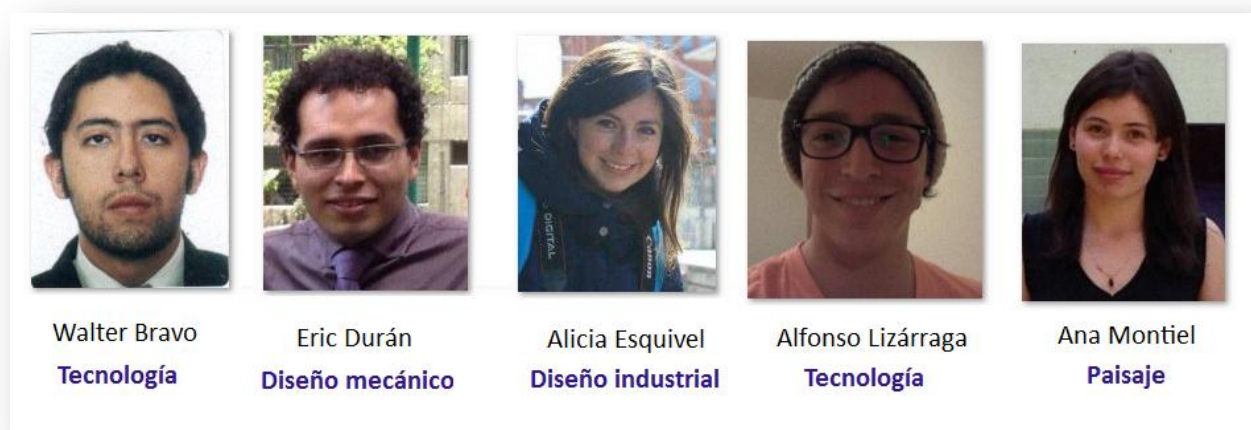


Fig. 53. Equipo CiTec actual. (Elaboración propia)

El área de diseño mecánico se encuentra trabajando actualmente en el diseño de una escaladora exclusiva para el sistema CiTec. La información obtenida hasta este momento le ha permitido dar una primera visualización de la misma.

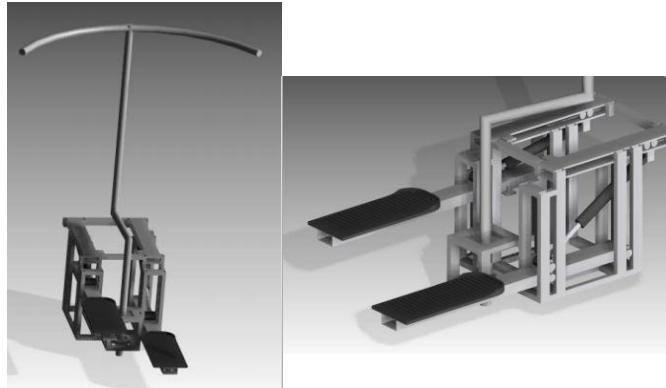


Fig. 54. Visualización de la escaladora diseñada exclusivamente para CiTec. (Elaboración: Eric Durán)

El área de diseño industrial se encuentra trabajando actualmente en una reevaluación del concepto generado para Ciudad Universitaria, buscando adaptarlo a otros medios. En este nuevo proceso, una vez terminada la escaladora, diseño industrial podrá generar medidas de seguridad, determinar espacios para cada aparato y diseñar el espacio físico donde se encontrará el siguiente prototipo. El área de paisaje también se encuentra trabajando en una reevaluación de espacio, pues algunos de los elegidos anteriormente ya no se encuentran disponibles, o han sufrido grandes cambios. Diseño industrial y paisaje serán las encargadas de adaptar el concepto CiTec a un espacio distinto dentro de Ciudad Universitaria, o incluso en otros lugares de la Ciudad de México.

El área de tecnología se encuentra a la espera del diseño mecánico tentativo final de la escaladora para poder instrumentarla internamente. Dicha instrumentación pretende ser parte de la escaladora, y no un accesorio extra. Al ser parte de ella se puede crear una conexión que mejorará la experiencia de juego, y pueden agregarse nuevos retos. Se pretende explorar la opción de elementos actuados, además de diferentes tipos de sensores para generar nuevas formas de juego e intercambio de información entre los usuarios.

El sistema de la interfaz ha cambiado, y decidió crearse directamente en HTML5, a manera de página web, para mejorar el acceso desde celulares y computadoras. Ya no será necesaria la

instalación de software alguno. Una primera versión del sistema se encuentra ya en línea en la siguiente dirección electrónica: <http://mirnos.com:8001/citec/>



Fig. 55. Interfaz v2. (Elaboración a partir de un proyecto de Alfonso Lizárraga)

Todas las áreas de CiTec tienen como trabajo a futuro estructurar ideas adaptadas a los distintos modelos de negocio, empezar a generar planes concretos de acción con objetivos medibles y alcanzables, y pensar en CiTec como empresa, buscando un registro ante las autoridades competentes. Además debe ponerse especial atención a la propiedad intelectual, y las distintas formas de protegerla. En un futuro cercano CiTec debe consolidarse formalmente, y buscar patrocinios para la instalación inicial de cada estación o módulo, preferentemente en Ciudad Universitaria, pues fue cliente y razón de este proyecto.

---

## VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

---

### Referencias

- [1] Christakis, N. y Fowler J., *The Spread of Obesity in a Large Social Network over 32 Years*, The New England Journal of Medicine, **357**, 370 (2007).
- [2] *Obesidad y sobrepeso*, Organización Mundial de la Salud, **311**, (2012). Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/asp> (Último acceso: Febrero 2014)
- [3] Instituto Nacional de Salud Pública, *Encuesta Nacional de Salud*, INEGI, **2**, 37 (2000).
- [4] Villa, A.R., Escobedo, M.H. y Méndez-Sánchez, N., *Estimación y proyección de la prevalencia de obesidad en México a través de la mortalidad por enfermedades asociadas*, Gaceta Médica de México, **140**, 24, (2004).
- [5] Instituto Nacional de Salud Pública, *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*, INEGI, **4**, (2012).
- [6] American Diabetes Association, *Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus*, Diabetes Care, **31**, 555, (2008).
- [7] Pérez, E., Morales, M. de L., y Grajales, Ignacio, *Panorama epidemiológico de la obesidad en México*, Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica, **14**, 64, (2006).
- [8] Instituto Nacional de Salud Pública, *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición DF*, INEGI, **84**, (2012).
- [9] *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010*, INEGI, 2-4, (2010).
- [10] Taylor, C.B., Sallis, J.F. y Needle, R., *The Relation of Physical Activity and Exercise to Mental Health*, Public Health Reports, **100**, 195, (1985).
- [11] *Presentación Activación Física Laboral*, Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte, **2**, (2010).
- [12] *Programa Muévete y Métete en Cintura*, Secretaría de Salud, (2008).
- [13] *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010*, INEGI, **6**, (2010).
- [14] Sitio web: [http://www.deportes.unam.mx/recreativas/servicios\\_recreativos.php](http://www.deportes.unam.mx/recreativas/servicios_recreativos.php) (Último acceso: febrero 2014)
- [15] Sitio web: <http://www.deportes.unam.mx/disciplinas/> (Último acceso: febrero 2014)
- [16] Sitio web: <https://maps.google.com/> (Último acceso: febrero 2014)
- [17] *Presentación final*, ERU 2030, 1-46, (2013).
- [18] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje* (p. 53), Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.
- [19] United States Department of Labor, *Guidelines for Laser Safety and Hazard Assessment*, OSHA (Occupational Safety and Health Administration), PUB 8-1.7, (1991).

[20] Sitio web:

[http://www.pcmag.com/slideshow\\_viewer/0,3253,l=259715&a=259715&po=2,00.asp](http://www.pcmag.com/slideshow_viewer/0,3253,l=259715&a=259715&po=2,00.asp)  
(Último acceso: febrero 2014)

[21] Ulrich, K.T. y Eppinger, S.D., *Diseño y desarrollo de productos*, 4ª ed., Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, 2009.

[22] Brown T., *Design Thinking*, Harvard Business Review, 84, 2008.

[23] Norman, D.A., *Emotional Design*, Basic Books, Estados Unidos, 2004.

[24] Borja, V., Ramírez-Reivich, A., López-Parra, M., et al., *International and Multidisciplinary Experiences in Engineering Courses at UNAM*, IMECE, Estados Unidos, 2012.

[25] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje* (p. 43-48), Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

[26] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje* (p. 51), Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

[27] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje* (p. 58-64), Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

[28] Borja, V., Ávila, J., López-Parra, M., et al., *Teaching Sustainable Design within a Product Innovation Process in Mexico: Linking Two One-Semester Design Courses*, IDETC/CIE, Estados Unidos, 2013.

[29] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje* (p. 73-85), Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

[30] *Presentación final*, CiTec, 1-31, (2014).

[31] Borja, V. y Reivich, A.C., *Innovación de producto*, Cuaderno de gestión de tecnología, Premio Nacional de Tecnología, 7, (2006).

[32] Sitio web: <http://beta.appinventor.mit.edu/> (Último acceso: abril 2014).

[33] Peniche, C. y Boullosa, B., *Nutrición aplicada al deporte* (p. 117), Mc Graw Hill, México, 2011.

[34] Robinson, J.D., et al., *Determination of ideal body weight for drug dosage calculations*, American Journal of Hospital Pharmacy, **40**, 1016, (1983).

[35] Shah B., Sucher K. y Hollenbeck C.B., *Comparison of ideal body weight equations and published height-weight tables with body mass index tables for healthy adults in the United States*, Nutrition in Clinical Practice, **3**, 312 (2006).

[36] Lemmens, H.J., Brodsky, J.B. y Bernstein, D.P., *Estimating ideal body weight--a new formula*, Obesity Surgery, **7**, 1082 (2005).

[37] CEMAR, *Energía*, Anual de nutrición, 9, (2012).

[38] Peniche, C. y Boullosa, B., *Nutrición aplicada al deporte* (p. 132), Mc Graw Hill, México, 2011.

- [39] Díaz-Guerrero, R. y Díaz-Loving, R., *Introducción a la Psicología: Un enfoque ecosistémico* (Cap. 7), Editorial Trillas, México, 1994.
- [40] Facultad de Ingeniería, *Proyectos de diseño sustentable*, FI Gaceta digital junio, **8**, 12, (2013).
- [41] *Presentación final*, CiTec, 1-31, (2014).
- [42] Sitio web: <http://cait2.wri.org/profile/Mexico> (Último acceso abril 2014)

## Bibliografía

### Libros

- [43] Norman, D.A., *Emotional Design*, Basic Books, Estados Unidos, 2004.
- [44] Peniche, C. y Boullosa, B., *Nutrición aplicada al deporte*, Mc Graw Hill, México, 2011.
- [45] Ulrich, K.T. y Eppinger, S.D., *Diseño y desarrollo de productos*, 4ª ed., Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, 2009.

### Publicaciones

- [46] Borja, V., Ramírez-Reivich, A., López-Parra, M., et al., *International and Multidisciplinary Experiences in Engineering Courses at UNAM*, IMECE, Estados Unidos, 2012.
- [47] Borja, V., Ávila, J., López-Parra, M., et al., *Teaching Sustainable Design within a Product Innovation Process in Mexico: Linking Two One-Semester Design Courses*, IDETC/CIE, Estados Unidos, 2013.
- [48] Brown T., *Design Thinking*, Harvard Business Review, 84, 2008.
- [49] Hamwi, G.J. y Danowski, T.S., *Diabetes Mellitus: Diagnosis and Treatment (Vol. 1)*, American Diabetes Association, 1964.

**Tesis en desarrollo**

[50] Durán, J.E., *Diseño y fabricación de una escaladora para el Circuito Tecnológicamente Activo CiTec de la UNAM*, Tesis de maestría, Posgrado de Ingeniería Mecánica, UNAM, México, 2014.

[51] Esquivel, A.A., *Citec, circuito tecnológico de activación física para ciudad universitaria*, Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

[52] Montiel, A.E., *Estudio metodológico interdisciplinar para arquitectura de paisaje*, Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 2014.

**Sitios web**

[53] Sitio web de iSixSigma: <http://www.isixsigma.com/> (Último acceso abril 2014)

[54] Sitio web de la Real Academia Española (Diccionario): <http://www.rae.es/> (Último acceso abril 2014)

[55] Sitio web de terminología médica: <http://www.diccionariomedico.net/diccionario-terminos> (Último acceso abril 2014)

[56] Sitio web del IMPI: <http://www.impi.gob.mx> (Último acceso abril 2014)

[57] Sitio web del INDA: <http://www.indautor.gob.mx> (Último acceso abril 2014)

[58] Sitio web de Lean: <http://www.leanuk.org/> (Último acceso abril 2014)

[59] Sitio web de SunBrite TV: <http://www.SunBritetv.com/> (Último acceso abril 2014)

[60] Sitio web de CFE: <http://www.cfe.gob.mx/> (Último acceso abril 2014)

[61] Sitio web de Calculadora mexicana de CO<sub>2</sub>: <http://www.calculatusemisiones.com/> (Último acceso abril 2014)

[62] Sitio web de CAIT (Herramientas de análisis para indicadores de clima. Climate Analysis Indicators Tool): <http://cait2.wri.org> (Último acceso abril 2014)

“Hay momentos en la vida en que te hace falta un buen par.”

(De calcetines)

**TANIA GABRIELA**