

**REDISEÑO DE UN CARGADOR SOLAR  
PARA CELULARES NOKIA Y BATERÍAS AA /  
AAA**

**ANDRÉS VALENCIA OSORIO  
SERGIO ANDRÉS MONTOYA**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO  
DE PRODUCTOS  
MEDELLÍN  
2008**

**REDISEÑO DE UN CARGADOR SOLAR  
PARA CELULARES NOKIA Y BATERÍAS AA /  
AAA**

**ANDRÉS VALENCIA OSORIO  
SERGIO ANDRÉS MONTOYA**

**PROYECTO DE GRADO**

**ASESORA:  
CLARA INÉS BARRETO**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO  
DE PRODUCTOS  
MEDELLÍN  
2008**

**Nota de aceptación**

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Medellín, 25 – 04 - 2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A TODAS LAS PERSONAS QUE DE ALGUNA MANERA  
APORTARON A ESTE PROYECTO**

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
GLOSARIO.....	11
RESUMEN .....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
ANTECEDENTES .....	16
JUSTIFICACIÓN .....	20
OBJETIVOS .....	21
ALCANCE .....	22
METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	23
1. ESTADO ACTUAL DEL PRODUCTO.....	25
1.1. EQUIPO DE TRABAJO Y FACTORES EXTERNOS .....	25
1.2. LA COMPETENCIA .....	29
1.3. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO.....	31
2. PROCESO DE REDISEÑO.....	33
2.1. DESARROLLO ELECTRÓNICO.....	33
2.1.1. MATRIZ FUNCIONAL.....	36
2.1.2. DISEÑO DEL CIRCUITO.....	39
2.1.3. PRUEBAS DEL CIRCUITO.....	44
2.2. PROCESO DE FORMALIZACIÓN.....	45
2.2.1. MATRIZ MORFOLÓGICA.....	46
2.2.2. REFERENTE FORMAL .....	47
2.2.3. EXPLORACIÓN FORMAL .....	49
2.2.4. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	50
2.2.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	54
2.2.6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA .....	55
2.3. MODELACIÓN 3D .....	56

2.4.	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	60
2.5.	ANÁLISIS DEL NUEVO PRODUCTO.....	76
2.6.	DESARROLLO DE UNA ECOETIQUETA .....	81
2.6.1.	IMAGEN GRÁFICA.....	82
2.6.2.	CATEGORIA.....	84
2.6.3.	ASPECTOS POSITIVOS.....	85
2.7.	MANUAL DE USUARIO DEL PRODUCTO .....	85
3.	PROTOTIPO .....	91
3.1.	PROTOTIPO VIRTUAL.....	91
3.1.1.	ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS .....	91
3.2.	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	95
3.2.1.	COTIZACIÓN EN LÍNEA .....	99
3.3.	PLANTEAMIENTO DE UN PLAN DE PRUEBAS .....	101
3.3.1.	PRUEBAS DE USUARIO .....	101
3.3.2.	PRUEBAS DE PRODUCTO .....	104
3.3.3.	CONCLUSIONES.....	104
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	108
5.	BIBLIOGRAFÍA .....	108
	ANEXOS .....	112

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fortalezas y debilidades de los productos actuales .....	30
Tabla 2. Necesidades y Deseos .....	31
Tabla 3. Especificaciones para el diseño del producto .....	32
Tabla 4. Matriz Funcional.....	38
Tabla 5. Evaluación de alternativas funcionales .....	39
Tabla 6. Componentes del circuito electrónico .....	44
Tabla 7. Resultados de las pruebas de eficiencia.....	45
Tabla 8. Matriz Morfológica. Arquitectura del producto.....	46
Tabla 9. Evaluación de la arquitectura del producto .....	47
Tabla 10. Matriz de selección de alternativas Formales .....	55
Tabla 11. La desmaterialización y costos de los elementos del prototipo actual .....	63
Tabla 12. Emisiones de fabricación del producto actual.....	64
Tabla 13. Puntos de impacto ambiental del producto actual.....	68
Tabla 14. Peso estimado del nuevo producto.....	71
Tabla 15. Puntos de impacto ambiental de nuevo producto .....	74
Tabla 16. Ecoindicadores .....	75
Tabla 17. Evaluación de la estrategia de ecodiseño.....	77
Tabla 18. Comparación entre el producto actual y el nuevo .....	81
Tabla 19. Lista de planos.....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de incidencia del sol, en $W/m^2$ .....	20
Figura 2. Metodología del proyecto.....	24
Figura 3. Actores del proyecto .....	29
Figura 4. Batería NOKIA BL-5C de 3.7V .....	33
Figura 5. Ejemplo de baterías AA y AAA .....	34
Figura 6. Celdas solares disponibles en Medellín.....	35
Figura 7. Caja negra .....	36
Figura 8. Caja transparente .....	37
Figura 9. Alternativa de solución seleccionada .....	39
Figura 10. Requerimientos básicos del sistema.....	40
Figura 11. Integración del circuito eléctrico.....	41
Figura 12. Circuito con reguladores .....	42
Figura 13. Señal del cargador de NOKIA.....	42
Figura 14. LM555 con circuito amplificador de corriente.....	43
Figura 15. Plano electrónico .....	43
Figura 16. Tarjeta impresa .....	43
Figura 17. Montaje de prueba .....	44
Figura 18. Referente formal: SMART.....	48
Figura 19. Imágenes del referente .....	48
Figura 20. Carta de colores .....	48
Figura 21. Contexto usuario.....	49
Figura 22. Elementos del usuario .....	49
Figura 23. Formas básicas y arquitectura del referente.....	50

Figura 24. Generación de alternativas formales .....	52
Figura 25. Alternativas preseleccionadas (⊙) Propuesta evolucionada. ....	53
Figura 26. Propuestas de diseño .....	53
Figura 27. Propuesta seleccionada.....	56
Figura 28. Sketch para la base del modelo y geometría básica. ....	57
Figura 29. Diferentes piezas creadas a partir del modelo Base.....	57
Figura 30. Ejemplo de pre ensamble .....	58
Figura 31. Marcas en las carcasas .....	58
Figura 32. Fotos del modelo 3D terminado.....	59
Figura 33. Producto actual.....	60
Figura 34. Límites del sistema .....	62
Figura 35. Balance de Costos.....	63
Figura 36. Entradas de recursos del producto actual.....	64
Figura 37. Consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono .....	65
Figura 38. Vertimientos del agua .....	66
Figura 39. Emisiones al aire .....	66
Figura 40. Puntos de impacto ambiental producto actual .....	68
Figura 41. Entradas considerables en el nuevo producto .....	72
Figura 42. Emisiones del nuevo producto al agua .....	73
Figura 43. Emisiones del nuevo producto al aire .....	73
Figura 44. Puntos de impacto ambiental del nuevo producto .....	74
Figura 45. Rueda LiDS .....	80
Figura 46. Iconografía Tairona, Museo de Oro .....	83
Figura 47. Colores de la Ecoetiqueta.....	83

Figura 48. Ecoetiqueta.....	84
Figura 49. Manual de usuario .....	90
Figura 50. Modelo existente.....	92
Figura 51. Modelo 3D con restricción y fuerza aplicada. ....	93
Figura 52. Representación gráfica de los resultados .....	93
Figura 53. Diagnóstico de un problema de ensamble.....	94
Figura 54. Modelo como archivo STL .....	95
Figura 55. Comparativo de procesos RP .....	98
Figura 56. Página principal de Xpress3D.....	99
Figura 57. Quote - cotización en línea .....	1

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ANALISIS DE CICLO DE VIDA.....	113
ANEXO 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS ....	116
ANEXO 3. PLANOS DE ENSAMBLE Y DE TALLER.....	122
ANEXO 4. CARATERISTICAS DEL MATERIAL .....	135
ANEXO 5- FOTOGRAFIAS PRODUCTO ACTUAL.....	136

## GLOSARIO

**Acumulador o batería:** Dispositivo que almacena energía eléctrica. La capacidad de la batería cambia según los materiales de los que está compuesta (ánodo y cátodo).

**Corriente (I):** Es la cantidad de electrones que circula por un conductor en unidad de tiempo. La unidad para medir corrientes o intensidades es el Amperio (A).

**Corriente de carga:** Es la corriente eléctrica de la que está provista una batería, y que está almacenada en ella.

**Corriente continua:** Es aquella corriente que no presenta variación ni en magnitud ni en sentido.

**Corriente de descarga:** Representa la velocidad a la que se sustrae corriente de la batería.

**Descarga:** Es el estado de la batería cuando su energía está usada por una carga (por ejemplo, luces, radio, televisión, o bombas de agua).

**Cuanto:** Cantidad elemental de energía proporcional a la frecuencia de radiación a la que pertenece.

**Efecto fotovoltaico:** El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

**Energías alternativas:** Se consideran energías alternativas a las que pueden sustituir a la energía convencional (fósiles, grandes centrales hidroeléctricas, energía nuclear), y que no implican impactos negativos significativos. Se consideraran como alternativas la energía solar, eólica, biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas entre otras.

**Energía limpia:** Una energía se considera limpia cuando su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, y suponen un nulo o escaso impacto ambiental. Prácticamente no existe una energía limpia 100%. La alteraciones que pueda provocar una energía limpia, considerando su ciclo de vida, no son relevantes como para alterar ecosistemas, ciclos hidrológicos, o generar residuos que, previamente tratados, la naturaleza no pueda asimilar. Con esta definición quedan excluidas por ejemplo, las grandes represas y la energía nuclear. Las energías limpias, son renovables y compatibles con sociedades sustentables.

**Energía solar:** Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

**Potencia (P):** Es la rapidez, la velocidad con que fluyen los electrones. Es el trabajo eléctrico que se realiza en unidad de tiempo. La unidad para medir esta magnitud es el vatio (W).

**Resistencia (R):** Componente electrónico. Es la oposición o dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente. La Unidad para medir esta magnitud es el ohmio ( $\Omega$ ).

**Sistema fotovoltaico:** Un sistema fotovoltaico consiste de un módulo o panel, una unidad de control, una batería de almacenamiento (opcional), un inversor de voltaje (opcional) y cargas eléctricas. El módulo FV convierte la radiación solar en corriente continua con un nivel de voltaje fijo.

**Unidad de control:** La unidad de control es un dispositivo localizado en el centro del sistema FV. Se puede decir que es el corazón del sistema, que lleva la corriente eléctrica a donde sea necesario. También se le conoce como controlador de carga o regulador de carga.

**Voltaje (V):** Es la diferencia de potencial entre dos puntos. Es la presión que hace que fluya la corriente, la unidad para medir voltajes es el voltio (V).

## **RESUMEN**

El proceso de rediseño del Cargador Solar SUA presenta una metodología que permite la integración de temas diversos como el diseño electrónico, aplicación de herramientas CAD/CAM/CAE y la incorporación de conceptos de sostenibilidad.

A lo largo de este proyecto de grado se definen requerimientos electrónicos para asegurar el funcionamiento, se aplican tecnologías CAD, herramientas CAE y técnicas RP para mejorar la forma, mientras que se hacen profundos análisis que permiten reducir los impactos ambientales.

El Cargador Solar SUA es desde su concepto mismo un producto ambientalmente amigable que necesita un estado de desarrollo que le permita ser lanzado al mercado como una propuesta competitiva, que es el objetivo último de todos los procesos de diseño.

## **INTRODUCCIÓN.**

La energía solar es una de las opciones que se presentan al problema energético que afronta nuestra sociedad, la dependencia del petróleo y de otras tecnologías contaminantes, afectan las condiciones de vida en nuestro planeta. Por esto es necesario buscar soluciones prácticas y confortables que impulsen el cambio de mentalidad en las personas.

En este proyecto de grado se presenta una propuesta de cargador solar para productos electrónicos portátiles, que reduce impactos ambientales durante su vida útil y adicionalmente reduce los costos al largo plazo para el usuario.

El siguiente informe muestra el proceso de rediseño del cargador solar SUA, en el cual se aplicó la metodología de ecodiseño, complementada con herramientas de análisis de ciclo de vida, CAD/CAE y de diseño electrónico. Está dividido en capítulos de acuerdo al proceso de desarrollo, iniciando con la presentación del equipo de trabajo y un análisis del producto actual con el cual se definieron los principales requerimientos de diseño para el nuevo producto.

## **ANTECEDENTES:**

El proyecto surge a partir de una búsqueda de necesidades dentro del sector turístico colombiano que lleva a una descripción de la situación, un breve marco teórico y una revisión a grosso modo del estado del arte.

El crecimiento del gasto familiar en diversión abre nuevas oportunidades de negocios en diferentes áreas del entretenimiento, sector que en Colombia está aún por explotar. Las cifras lo aseguran ya que se estima que los colombianos gastan cada año cerca de US \$500 millones en recreación y deporte sin que exista una oferta suficientemente desarrollada de experiencias de

entretenimiento<sup>1</sup>. Industrias como la del turismo, o más específicamente la del turismo verde, le viene apostando a esta circunstancia, convirtiéndose hoy en una importante fuente de generación de empleo productivo y en una nueva tendencia que forma parte de un concepto más amplio, que se denomina turismo de experiencia, una alternativa al turismo tradicional en la cual el visitante se compromete con el quehacer de su viaje. Colombia en este caso, posee toda la riqueza para ser un polo de desarrollo sostenible, económico, social y cultural tres veces mayor que Costa Rica, reconocido destino ecoturístico y de aventuras, ya que disfruta de 32 parques naturales, 9 santuarios de fauna y flora, 2 reservas naturales y una área natural única.<sup>2</sup> La oferta nacional en flora y fauna es una de las más amplias del mundo y se prevé que el ecoturismo será uno de los renglones de mayor crecimiento en los próximos años.

Según las oportunidades que se presentan en esta área del ecoturismo, se encontró como principal problema el acceso a la energía eléctrica en diferentes lugares donde se practican actividades relacionadas con este tipo de turismo tales como camping, canopy, trekking, montañismo etc. ya que dichas actividades, la mayoría de veces, se realizan en lugares donde no es posible encontrar todas las comodidades y beneficios que se reciben en un hotel común y es muy frecuente el uso de pequeños aparatos tales como teléfonos móviles, cámaras digitales, reproductores de sonido, linternas, radios, GPS entre otros, los cuales necesitan recargar sus baterías para alargar su tiempo útil de funcionamiento ya sea con pilas comunes o baterías especializadas para cada diferente artefacto.

Para cubrir estas necesidades que presenta el mercado y en especial el público objetivo que realiza este tipo de actividades, sobresale la energía solar como reemplazo a futuro de la energía eléctrica, ya que se predice que esta nueva energía podría suplir la demanda anual mundial de electricidad garantizándola

---

<sup>1</sup> Dato tomado de la Revista Dinero. Artículo "Todo por la diversión". Fecha de publicación: Noviembre 10 de 2000. Edición 121.

<sup>2</sup> Datos extraídos de Internet de la página <http://www.parquesnacionales.gov.co/>

para los próximos 6.000 millones de años y se ha llegado a conclusiones como que el sol arrojará sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consumirá en un solo año.<sup>3</sup> No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

La energía solar es aquella producida por el sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones<sup>4</sup> que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La recogida directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores o paneles solares, diseñados para recoger energía después de concentrar los rayos del Sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotovoltaicos. En los procesos fotovoltaicos, que es el caso de este proyecto, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio.

Los paneles solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y necesitan poco mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

Dos años atrás, cuatro estudiantes de Ingeniería de Diseño de productos desarrollaron un cargador solar portátil para celulares, reproductores de música y baterías AA y AAA, para apoyar el sector turístico colombiano. En la actualidad se retoma el proyecto con dos de estos estudiantes, haciendo uso del conocimiento adquirido en aquella fase y llevándola a un rediseño más

---

<sup>3</sup> Datos extraídos de Internet de la pagina <http://www.censolar.es/menu2.htm>

<sup>4</sup> cantidad mínima de energía de la luz u otra radiación electromagnética

comprometido con la sostenibilidad y la formalización. Involucrando la metodología de ecodiseño con conceptos de mercadeo verde, análisis de ciclo de vida y producción más limpia.

En Medellín, lugar en el que el proyecto será desarrollado, existen diferentes empresas generadores de energías hidroeléctrica, eólica y solar, con estos una cantidad importante de expertos en temas como generación, transporte y almacenamiento de energía. Esto implica la oportunidad de acceder a buena información, acompañamiento o guía en el proceso de desarrollo del proyecto como son el grupo de investigación medio ambiental de la UPB, el grupo de profesores de la línea de énfasis de diseño sostenible de la universidad Eafit y el grupo de investigación de energía y termodinámica de la UPB.

De la aplicación de la energía solar se encuentra que existen calentadores de agua para uso doméstico que funcionan utilizando la energía del sol, con colectores que concentran los rayos solares sobre tubos que llevan el agua que se pretende calentar. Además, en las tiendas especializadas en productos para el hogar las lámparas de jardín que emplean la energía solar como fuente para recargarse durante el día. Es conocido también otro tipo de productos no necesariamente solares pero si de utilización de energías alternativas como las linternas que se recargan con el movimiento.

En contextos mucho más amplios existen las cocinas solares, que tienen un principio funcional similar al de los calentadores de agua, además cargadores solares portátiles para productos específicos como por ejemplo baterías AA y AAA, celulares, juegos de video, la mayoría de estos solo cumpliendo una única función (ver Tabla 1).

Una vez identificada la necesidad, se seleccionan en el área de abastecimiento de energía, los elementos portátiles que se emplean en las prácticas de ecoturismo como son el campismo, la caminata, las travesías (diferentes actividades en un mismo trayecto), la pesca, entre otras, donde se utilizan

elementos como el GPS, teléfono celular, reproductor de música, linterna y cámara, que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento.

## JUSTIFICACIÓN:

Desde el desarrollo del proyecto se está pensando en la utilización de energía renovable, lo que se define como un producto ambientalmente amigable. Esto implica tener una energía más limpia (menos contaminación), mas económica en el largo plazo, y que reemplaza energías no renovables que tienen mayores impactos ambientales.

La energía solar es una alternativa viable para Colombia, ya que el índice de incidencia del sol es suficientemente bueno, esto se puede explicar por la ubicación geográfica del país, que al estar sobre La Línea del Ecuador no presenta estaciones definidas, lo que implica que no hay épocas del año en que el producto pierda efectividad en su uso, aun así, las condiciones climáticas como la nubosidad o humedad en el aire, afectan la intensidad de luz solar. Lo normal en Colombia serán 12 horas de luz solar cada día, de las cuales aproximadamente 8 son de alta irradiación, esta condición no varía a lo largo del año. En términos de irradiación se puede hablar de 200 a 300 W/m<sup>2</sup> cuando en condiciones ideales se obtendría un máximo de 1000 W/m<sup>2</sup> (ver Figura 1).

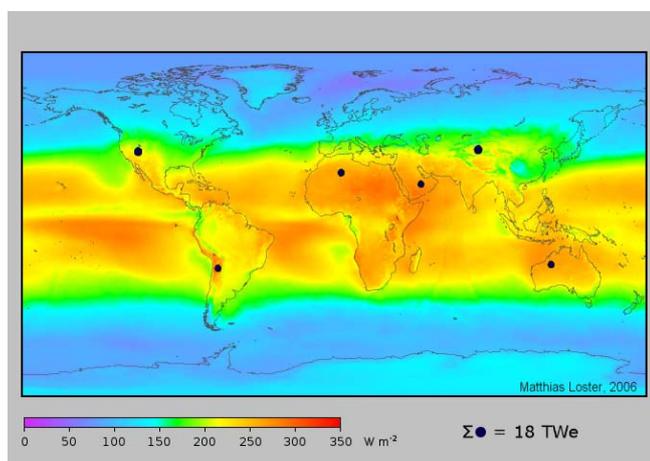


Figura 1. Mapa de incidencia del sol, en W/m<sup>2</sup>

Así mismo, se está haciendo una evolución del producto previo que permite reforzar otras características de sostenibilidad del proyecto, como uso eficiente de materiales, mejores procesos de manufactura y mayor aprovechamiento de la energía transformada.

Las necesidades que se quieren satisfacer son las que un ecoturista busca en este tipo de productos: resistencia a golpes y rayado, fácil manipulación, fácil transporte, carga en movimiento, resistencia al ambiente (temperatura, humedad, polvo), además de cumplir la función de cargar los elementos. Estas serán los principales diferenciadores del producto.

El nuevo desarrollo no pretende estar tecnológicamente al tope del mercado, ya que las condiciones son limitadas, los productores de celdas solares no son fáciles de contactar, en Medellín la energía solar no está muy desarrollada (las empresas que trabajan con energía solar, son muy pocas y tienen relación muy distante con los fabricantes). Esto se puede concluir de la búsqueda en la ciudad de celdas solares (no se encontró oferta de celdas como tal, solo paneles principalmente enfocados a la electrificación de hogares, las empresas que venden e instalan paneles no los compran directamente a los que los producen).

Es importante aclarar que la energía solar fotovoltaica no es la más eficiente de las energías alternativas, pero si es de vital importancia para su desarrollo, la popularización de su uso, ya que esto impulsa la investigación para el mejoramiento de la eficiencia que ofrece actualmente esta tecnología.

## **OBJETIVO**

### **General:**

Rediseñar el cargador solar SUA aplicando una metodología basada en el diseño sostenible

## **Específicos:**

- Incorporar una batería interna que permita al producto entregar carga de energía cuando no hallan condiciones adecuadas de luz solar.
- Mejorar el funcionamiento del producto.
- Utilizar modelaciones 3D, análisis de ciclo de vida, análisis de elementos finitos.
- Diseñar un plan de pruebas técnicas y de usuario que permita evaluar el desempeño del producto.
- Diseñar el material gráfico de apoyo al producto
- Diseñar un ecosello o ecoetiqueta para el nuevo producto.

## **ALCANCE**

El presente proyecto incluye la elaboración de un documento final y un artículo académico, los cuales resumen la investigación, los análisis y los resultados obtenidos

### Resultados esperados

- Creación de un prototipo virtual
- Aplicación de metodología basada en el diseño sostenible desde la concepción de un producto hasta el fin de su ciclo de vida,
- Propuesta de una ecoetiqueta para productos que aprovechen energías limpias,
- Entregar un prototipo físico del cargador SUA 2.0

A continuación se define la metodología desde la cual se desarrolla el proyecto de rediseño del cargador solar.

## **METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

La metodología mostrada en la Figura 2 está basada en la metodología de ecodiseño, desarrollada por TUDELFF para Centroamérica, pero se complementa con otras herramientas como análisis de ciclo de vida y modelos CAD. Presenta como punto de partida la identificación de las necesidades para obtener como resultado la definición de los requerimientos del producto.

A continuación se presenta un plan de acción que permite alcanzar los objetivos planteados para este proyecto. El resultado de cada actividad es un elemento necesario para continuar con el proceso de rediseño.

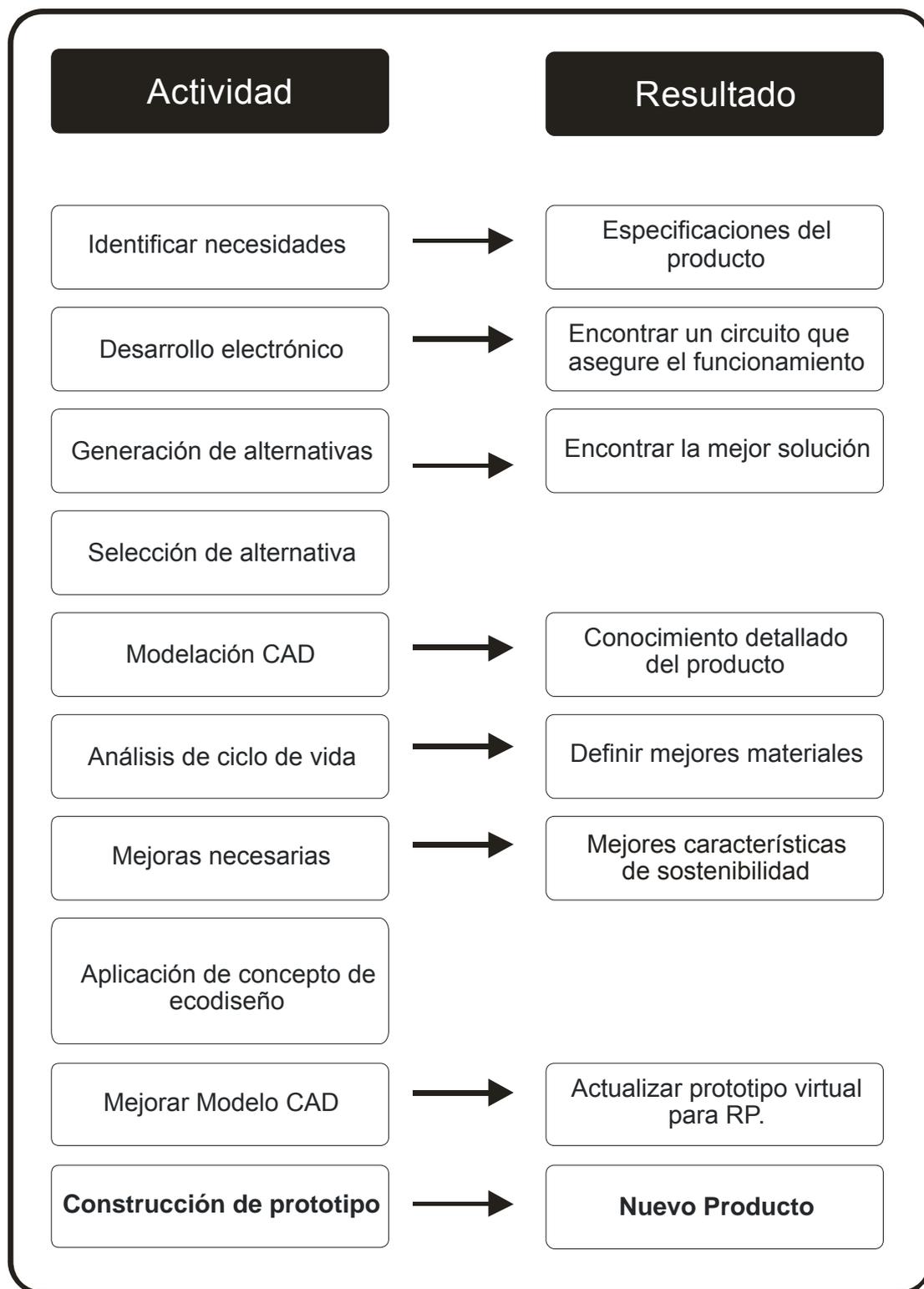


Figura 2. Metodología del proyecto

# 1. ESTADO ACTUAL DEL PRODUCTO

Antes de iniciar el proceso de rediseño como tal, se definen las personas involucradas en el desarrollo de este proyecto; así mismo se hace una evaluación de las fortalezas y debilidades de la competencia y del producto actual que lleva a la identificación de las necesidades y deseos de los cliente potenciales, que se ven traducidas a los requerimientos para el rediseño.

## 1.1. EQUIPO DE TRABAJO Y FACTORES EXTERNOS

A continuación se presenta el equipo de trabajo comprometido en el proyecto

### **Equipo de Trabajo Principal**

Sergio Montoya

Andrés Valencia

Estudiantes de Ingeniería de Diseño de Producto

El equipo de trabajo está compuesto principalmente por dos estudiantes con énfasis en diseño sostenible y sistemas de diseño asistidos por computador CAD/CAM/CAE. Además de esto tienen diferentes fortalezas en cuanto a materiales y procesos productivos, diseño formal, gráfico e investigación de mercados.

A continuación se presenta la influencia que tienen los actores externos al equipo de trabajo principal.

### **Jefe de proyectos**

Felipe Isaza

Ing. Mecánico.

La función principal de este actor es definir fechas límites y conformar un comité de evaluación del proyecto. A él se le presentan informes de avance periódicos.

### **Asesora Principal**

Clara Inés Barreto

Ing. Mecánica del departamento de IDP

Como asesora principal sus funciones comprenden revisar los avances del proyecto periódicamente, orientación en la toma de decisiones, acompañamiento durante la aplicación de la metodología, guía en la búsqueda de nuevos asesores de temas específicos.

### **Asesora de Mercadeo Verde**

Leidy Diana Serna Arboleda

Ing. de diseño de producto

Asesorar en el estudio del comportamiento de los llamados “Consumidores Verdes”, sus características especiales (ya que son un segmento definido del mercado con un comportamiento particular), además de esto asesorar en la toma de decisiones con enfoque ambiental (decisiones como la selección de materiales y procesos más sostenibles), que finalmente son las que permiten mayor acercamiento al mercado verde.

### **Asesor de Análisis de ciclo de vida**

Carlos Andrés Naranjo Merino

Ing. Químico

Asesorar sobre el análisis de ciclo de vida de producto, brindar guía en la búsqueda de información técnica de materiales, procesos, desechos e impactos ambientales, durante las diferentes etapas de la vida del producto.

### **Asesor de Tecnología**

Cesar Isaza

Ing. Mecánico del Instituto de Energía y Termodinámica, UPB

Presta información básica para comprender la tecnología, su principio funcional, las condiciones necesarias para su correcta instalación y funcionamiento, las consideraciones básicas para el montaje del sistema fotovoltaico y la manera en que se calcula la eficiencia de los sistemas de transformación de energía solar.

### **Asesor de Electrónica**

Rafael Herrera

Tecnólogo en electrónica (Especialista en sistemas integrados de control).

La función principal de este asesor es guiar en la definición del circuito electrónico del producto y la definición de los componentes. En esta parte del proyecto se fundamenta la confiabilidad del producto, ya que se establecen los equipos con los cuales será compatible el cargador solar.

### **Mercado Potencial.**

Mediante la identificación de las necesidades y deseos de los clientes potenciales se encuentran o definen los requerimientos técnicos del producto (PDS). Además el contacto directo con este mercado brinda la oportunidad de evaluar el producto y su relación real con el usuario.

### **Competencia Internacional.**

No existe ningún desarrollo de productos similares que se pueda referenciar en Colombia o Latinoamérica, todos los productos similares se encuentran en el mercado americano, europeo y asiático. Algunos de estos productos se muestran más adelante en la Tabla 1 Fortalezas y debilidades de los productos actuales.

El papel principal de esta competencia es el de fijar unos puntos mínimos de desarrollo del producto.

### **Proveedores de Tecnología**

Estos definen en cierta medida el desarrollo alcanzable del proyecto, ya que se debe adaptar a los avances tecnológicos que existen en el momento.

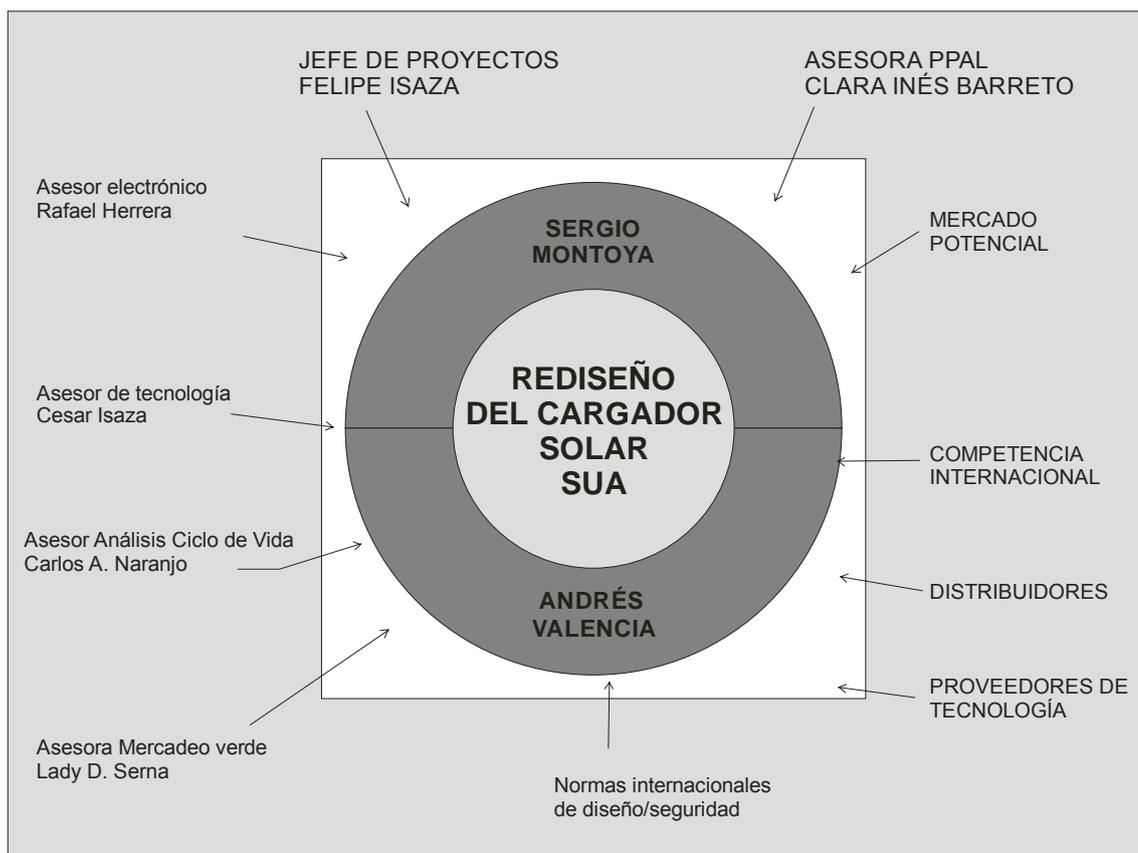
### **Distribuidores**

Estos distribuidores pueden ser una fuente de información para contactar posibles proveedores de tecnología. Además el equipo depende en gran medida de la disponibilidad de esta tecnología en el medio.

### **Normas Internacionales de Diseño/Seguridad**

Estas normas restringen el diseño o algunas de las condiciones del mismo permitiendo que sea un producto seguro. Ejemplos de estas normas se encuentran en los manuales para acceder a los Eco-sellos.

A continuación, en la Figura 3, se presenta la relación que tienen los actores en este proyecto.



**Figura 3. Actores del proyecto**

## 1.2. LA COMPETENCIA

En esta etapa de la metodología planteada se presenta, en la Tabla 1, el análisis de las fortalezas y debilidades de productos actuales, lo que permite identificar algunos elementos que es importante considerar en el proceso de rediseño.

En el mundo existen diferentes productos que cumplen con la función de transformar energía solar a eléctrica, al menos 6 productos conocidos son portátiles y en cierta medida solucionan la necesidad de los ecoturistas. Es importante mencionarlos y hacer un análisis de fortalezas y debilidades de estos productos.

Productos	Fortalezas	Debilidades
BattPack 	BattPack es un cargador de baterías. Carga desde la red, la toma de mechero del coche. Con alimentador de red y cable adaptador para encendedor de 12 V. Con BattPack de 10 baterías de NiMH de 2.300 mA.	Forma poco innovadora. Este producto es solo un adaptador para las baterías, no tiene celdas solares se conecta al iSun. Usted utiliza las 10 baterías para cargar otros productos.
iSun 	Capacidad de carga: 7,6V a 290 mA máximo. Precio: por encima de los US \$65. Se pueden conectar varios cargadores de este tipo para aumentar la corriente.	Medidas aprox. (cm.): 18,5 x 11,4 x 3,2. La forma no es innovadora. No se podría cargar en movimiento.
Sunsei 	Buena potencia, 15V a 135mAh. Precio económico: US. \$39.95. Se compra fácilmente por Internet. Se adapta al vidrio del carro mediante ventosas.	Es un cargador portátil para el carro, no para productos. Medidas (cm.): 39,4 x 12,7 x 2,0. Se necesita un set de conexión adicional. Peso 410g.
Solio 	Tiene una forma compacta. Capacidad de carga 3V a 2A máximo. Tiene batería interna de 3.7V que permanece cargada un año. Peso: 156 gr.	Dimensiones (cm.): 11.9 x 6.35 x 3.5 cerrado. Precio alto, US \$ 99,95. Uno de los paneles queda expuesto a daños.
Coleman 	Compacto, con batería capaz de alimentar la linterna y radio. puede cargarse desde la placa solar, el mechero del coche o enchufe normal. Permite recargar las baterías de su móvil y portátil. Entrega 15V a 400 mA	Dimensiones (cm): 37 x 36 x 2,6, difícil de guardar dentro de la maleta o morral del equipaje. Peso (Kg.) 1,5
Saver+ 	Se conecta al mechero del coche. No produce sobrecargas. Alarga la batería del coche. Mantiene constante el nivel de carga de la batería. Incluye un indicador luminoso que indica la carga.	Es un producto especialmente para a el carro, lo cual lo hace muy limitado en cuanto a funciones y no es muy atractivo para los ecoturistas.
SUA 	Forma plegable que ahorra espacio. Es portátil, Peso: 538,5 gr. El color lo hace destacar en el contexto.	El producto necesita una batería que le ayuda con la carga inicial, esta no es recargable. Finalizado el proceso el cargador tiende a robarse la energía del producto que acaba de cargar.

**Tabla 1. Fortalezas y debilidades de los productos actuales**

El conocimiento de la competencia, que está definido como uno de los actores indirectos del proyecto, brinda elementos que más adelante se convierten en límites dentro de los cuales debe estar el nuevo producto.

A partir del cuadro anterior se identifican factores a intervenir en el rediseño del cargador solar, estos elementos son importantes para definir los valores de los requerimientos técnicos para el diseño del producto (ver Tabla 3).

- **Eficiencia**  $3V < X < 15V$  ;  
 $135mA/h < X < 2000mA/h$
- **Tamaño (mm.)**  $120 \times 64 \times 4 < X < 394 \times 127 \times 2$
- **Volumen (cm<sup>3</sup>)**  $307 < X < 1000$
- **Peso (gr.)**  $140 < X < 410$

Además de esto se pueden ver formas muy simples, que únicamente siguen la funcionalidad del producto, sin aportar ningún valor estético. Esto es un

principio fundamental de la escuela de diseño Bauhaus, en el cual los productos pueden no proporcionar ningún valor estético mientras cumplan con su función. Este principio es debatido asegurando que la forma y la función deben ser una sola.

### 1.3. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO.

En el proceso de definir las especificaciones para el diseño del producto, es importante identificar las necesidades y deseos del usuario, asignarles un valor de acuerdo a la importancia que tenga para el cliente potencial y traducirlos a especificaciones técnicas, que junto con el análisis de la competencia definen las limitaciones que debe tener el producto que se diseña.

La identificación de necesidades y deseos del usuario parte de una lista de características del producto. A continuación en la Tabla 2, se presentan dichas características, la diferenciación entre necesidad o deseo y el valor relativo para el usuario en una escala de 1 a 5.

#	Característica	Necesidad	Deseo	Valor
1	Bajo peso		x	3
2	Alta velocidad de recarga		x	2
3	Seguridad frente a productos (compatible)	x		5
4	Resistencia a las condiciones del ambiente	x		4
5	Forma atractiva		x	2
6	Fácil de transportar	x		4
7	Garantía del producto extensa	x		3
8	Fácil operación	x		3
9	Funciona en cualquier momento	x		3
10	Recarga durante desplazamiento (del usuario)		x	2
11	Producto eficiente (carga en tres horas)	x		4
12	Diversas conexiones (adaptadores)	x		3
13	Que tenga indicadores de carga		x	2
14	Que se active automáticamente		x	2
15	Que tenga un tamaño pequeño	x		2
16	Que no genere desperdicios	x		3
17	Fácil de limpiar / mantenimiento preventivo		x	4

**Tabla 2. Necesidades y Deseos**

Una vez identificadas algunas de las características que son importantes para el usuario, el siguiente paso es traducirlas a especificaciones técnicas para el diseño del producto. Para esto se toma cada necesidad y se interpretan los elementos que pueden hacer que el producto cumpla con esa característica pedida por el usuario.

Estas especificaciones se agrupan para hacer más fácil su comprensión y posterior aplicación al diseño. En la Tabla 3, se muestran las especificaciones para el diseño del producto. Es necesario recordar que estas especificaciones surgen no solo de las necesidades y deseos del usuario, sino también del análisis de los productos competidores.

<b>Especificación</b>	<b>Medida</b>	<b>Valor</b>
Volumen del producto	cm <sup>3</sup>	307 < x < 1000
Peso del producto	g	140 < x < 410
Área de exposición solar (celdas)	cm <sup>2</sup>	65 < x < 425
Área del producto expuesto	cm <sup>2</sup>	77 < x < 500
Partes a remplazar en el ciclo de vida	número	0 < x < 2
Indicadores de funcionamiento	número	1 < x < 2
Interruptores de funcionamiento	número	0 < x < 2
Eficiencia de las celdas solares (transformación)	%	12 < x < 18
Voltaje producido por la celda	V	3 < x < 15
Corriente producida por cada celda	mA/h	50 < x < 300
Corriente entregada por el cargador	mA/h	45 < x < 270
Conectores de salida	número	1 < x < 2
Variación de la potencia	mA/h	15 < x < 60
Almacenamiento de corriente	mA/h	600 < x < 1200
Perdida de energía	%	5 < x < 15
Resistencia a caídas (altura)	m	0,50 < x < 1,20
Conectividad (cables adaptadores)	número	2 < x < 5
Cantidad de materiales diferentes	número	5 < x < 10

**Tabla 3. Especificaciones para el diseño del producto**

Esta tabla muestra las especificaciones que realmente se tienen en cuenta en el desarrollo de este producto, así, estas se convierten en criterios de evaluación para el producto final. No todas las necesidades y deseos del usuario pasan a ser una especificación del diseño porque no todas se pueden cuantificar.

## 2. PROCESO DE REDISEÑO.

En este capítulo se describen todas las actividades relacionadas con el proceso de rediseño, los análisis realizados, los resultados obtenidos y la toma de decisiones. El capítulo sigue el mismo orden que el desarrollo del producto, empezando con la solución funcional, el diseño formal y de detalles, el análisis de ciclo de vida que ayuda a definir mejores materiales, la aplicación de principios de ecodiseño para reforzar las características de sostenibilidad del producto.

### 2.1. DESARROLLO ELECTRÓNICO

Lo primero que se hace para llegar a la solución funcional, es definir el tipo de productos que se pueden cargar. Estos son principalmente teléfonos celulares NOKIA y baterías AA / AAA.

Los teléfonos celulares cuentan con una batería interna, generalmente de Iones de Litio de un voltaje entre los 3,5V y 3,7V mientras que las capacidades (cantidad de energía que puede entregar o almacenar una batería antes de descargarse completamente) varían entre los 500 mA/h y 650 mA/h. Los celulares NOKIA (ejemplo particular con el cual se diseñó el circuito), tienen una batería interna de 3.7V, que se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Batería NOKIA BL-5C de 3.7V<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> <http://www.morpheo.net/2007/08/page/2/>

Por otro lado las baterías AA y AAA, son de 1.5V y tienen capacidades superiores que llegan a los 2700 mA/h, siendo las de NiCd<sup>6</sup> las más utilizadas actualmente por sus características como la gran capacidad de almacenamiento de energía. Ver Figura 5



**Figura 5. Ejemplo de baterías AA y AAA<sup>7</sup>**

Las baterías AA y AAA le permiten al cargador solar llegar a diversos productos como linternas, cámaras digitales, GPS y algunos reproductores de música.

Las celdas solares son un punto de alta importancia en el desarrollo del proyecto ya que determina la eficiencia del producto en cuanto a transformación de luz solar en energía eléctrica.

En Medellín se consiguen diferentes clases de celdas solares, principalmente para aplicaciones domesticas (electrificación del hogar), esto implica que la oferta está enfocada a los grandes arreglos o paneles de 12V y alta potencia. Además de esto se encuentran tres tipos de paneles solares portátiles, que son:

- Los paneles flexibles de alta potencia, en tamaños desde los 292mm de largo. Estos tienen una buena potencia, alto costo, los tamaños de las celdas no se adaptan al producto.
- Las celdas solares monocristalinas. Tienen una buena eficiencia, bajo costo, transforman la luz con muy buena corriente (250mA/h aproximadamente) pero bajo voltaje (1V). El tamaño más interesante es de 5 x 3.5 cm.

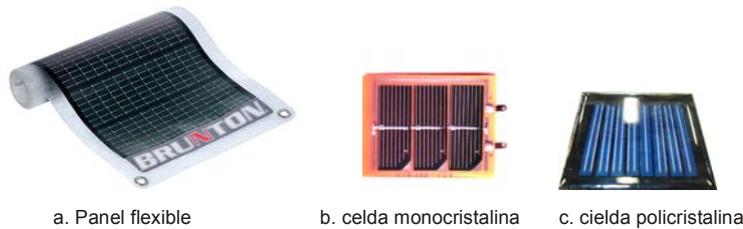
---

<sup>6</sup> Baterías de níquel –cadmio

<sup>7</sup> [http://www.everfast.com.hk/catalog/images/batteries-pictures/AA\\_900\\_nicd\\_everfast.jpg](http://www.everfast.com.hk/catalog/images/batteries-pictures/AA_900_nicd_everfast.jpg)

- Las celdas policristalinas. Generalmente aplicadas a las lámparas de jardín. buena eficiencia, costo medio, corriente 55 mA/h a 4,5V, área 5x 5 cm.

En la Figura 6 se muestran las diferentes celdas solares que se encuentran en Medellín.



**Figura 6. Celdas solares disponibles en Medellín**

La decisión del tipo de celda más adecuado para este producto está definida por la necesidad número 15 de la Tabla 2. Que pide un “tamaño pequeño” para el producto.

El panel flexible es inadecuado debido a su tamaño. A partir de la investigación para conocer mejor la tecnología se sabe que las celdas monocristalinas son más eficientes que las policristalinas teniendo las primeras entre un 12 y 15% de eficiencia mientras que las segundas un 12 y 14%. Aun así para poder cargar las baterías se debe superar su voltaje, lo que implica que para recargar un teléfono celular, se necesitarían 4 celdas monocristalinas para obtener 4V, mientras que solo una policristalina de 4,5V.

Adicional a esto las baterías deben ser cargadas lentamente, no se deben cargar a más de un décimo de su capacidad (50 - 65 mA/h para la carga), por lo cual la celda policristalina (que produce 55 mA/h) sigue cumpliendo muy bien esta función.

Las celdas policristalinas son más económicas de producir, y requieren menos energía en su fabricación, lo que mejora las características ambientales del producto<sup>8</sup>.

### 2.1.1. MATRIZ FUNCIONAL

En esta etapa se define el funcionamiento del producto, para esto se parte de la caja negra, que presenta la función principal y las principales entradas y salidas del sistema. Cabe aclarar que este por ser un rediseño ya tiene una caja negra definida que se muestra en la Figura 7.

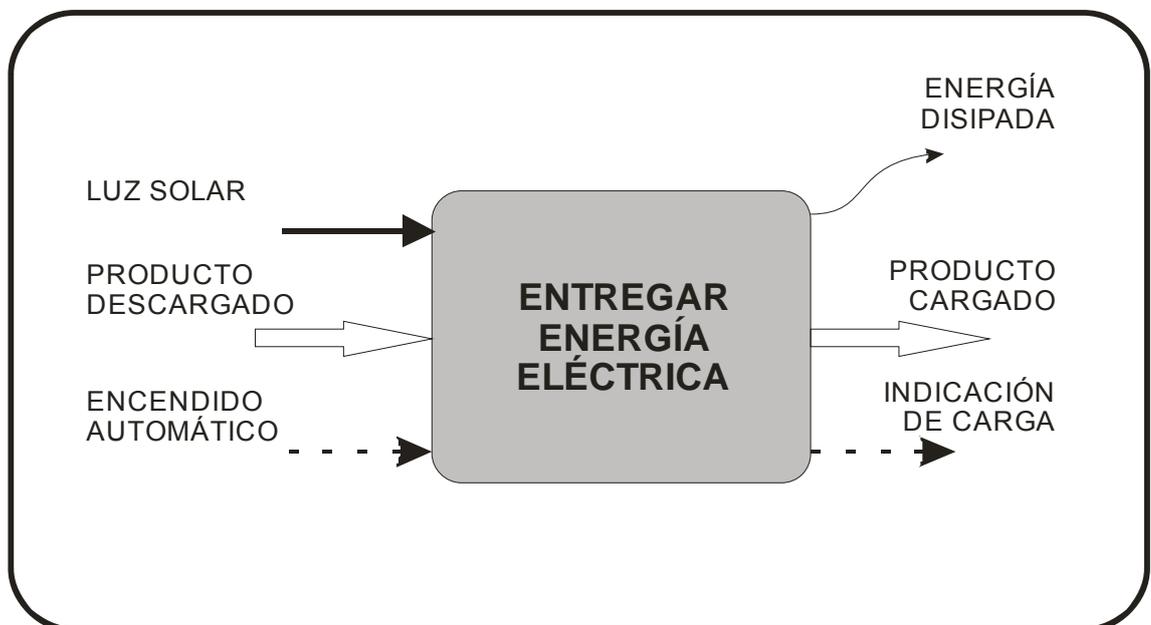
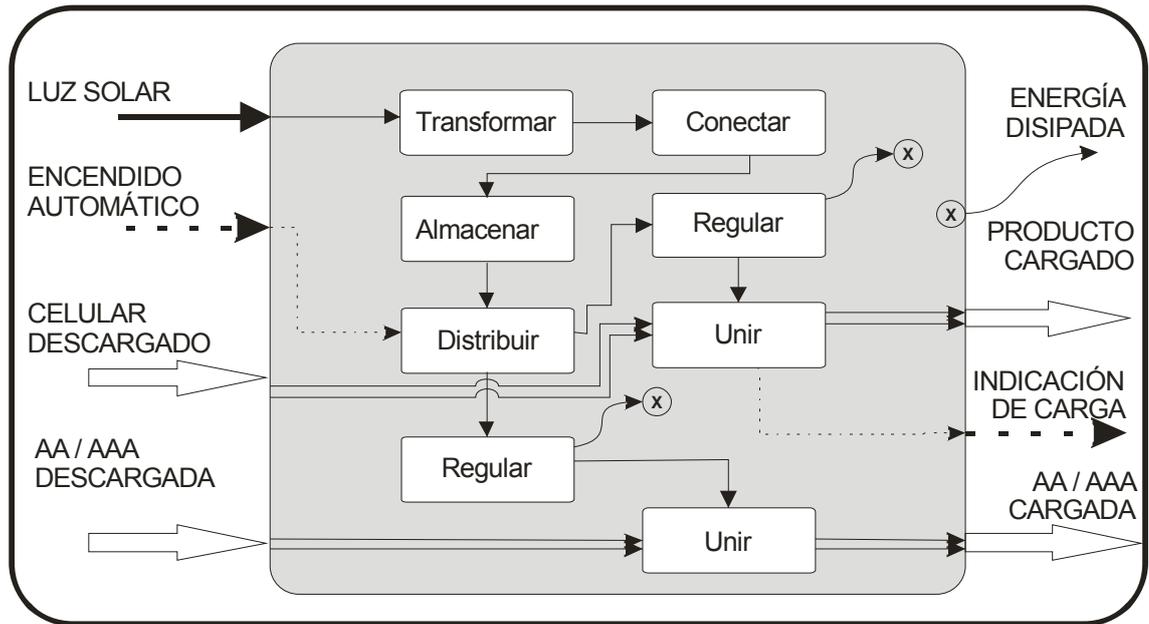


Figura 7. Caja negra

A partir de esta caja negra, se pasa a identificar las funciones secundarias, que hacen que el producto realmente cumpla su función. Aquí se emplea una caja transparente (ver Figura 8) que sigue las entradas del sistema durante todo su proceso de transformación.

<sup>8</sup> Manual de energía solar fotovoltaica para zonas rurales andinas. Ing. Carlos Orbegozo reto. Green Energy consultoría y servicios SLU. 2005



**Figura 8. Caja transparente**

En este paso del desarrollo, se seleccionan los componentes más apropiados para el funcionamiento óptimo del producto a través de la matriz funcional que se presenta en la Tabla 4, donde se presentan las posibles soluciones para cada función.

Función 1: Transformar la luz solar en energía eléctrica

Función 2: Almacenar la energía eléctrica dentro del producto.

Función 3: Regular el sistema

Función 4: Conectar las celdas solares en el eje de giro (esta función se agregó después de hacer la evaluación de la matriz morfológica, ver Tabla 8).

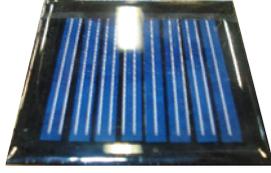
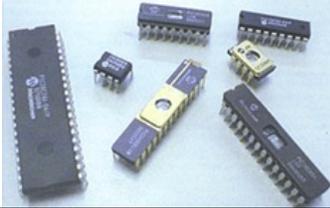
	Solución 1 (S1)	Solución 2 (S2)	Solución 3 (S3)
<b>Función 1 (F1)</b>			
<b>Función 2 (F2)</b>			
<b>Función 3 (F3)</b>			
<b>Función 4 (F4)</b>			

Tabla 4. Matriz Funcional

A partir de la matriz funcional se mezclan las diferentes soluciones de cada función, generando una alternativa de solución:

- **Alternativa de solución 1:** celdas monocristalinas (F1S2), baterías planas Li-ion (F2S1), control con circuito programado (F3S2), conectado en el eje a través de cables flexibles (F4S1).
- **Alternativa de solución 2:** celda policristalina (F1S3), baterías de li-ion anchas (F2S2), circuito discreto (F3S1), conexión en el eje de giro mediante contactos (F4S2).
- **Alternativa de solución 3:** celda policristalina (F1S3), batería de li-ion plana (F2S1), control programado (F3S2), conexión en el eje mediante contactos (F4S2).

A continuación en la Tabla 5 se presenta la evaluación de las alternativas de solución. La evaluación se hace con una escala de 1 a 5 donde 1 es la menor

calificación. Los criterios de evaluación son: área de las celdas solares, interruptores automáticos del circuito, volumen agregado al producto y disponibilidad de los componentes. Están basados en requerimientos del producto (ver tabla 3).

<b>Criterio alternativa</b>	<b>Área</b>	<b>Interruptores</b>	<b>Volumen</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	2	5	4	3	14
<b>2</b>	4	4	4	5	<b>17</b>
<b>3</b>	4	4	5	3	16

**Tabla 5. Evaluación de alternativas funcionales**

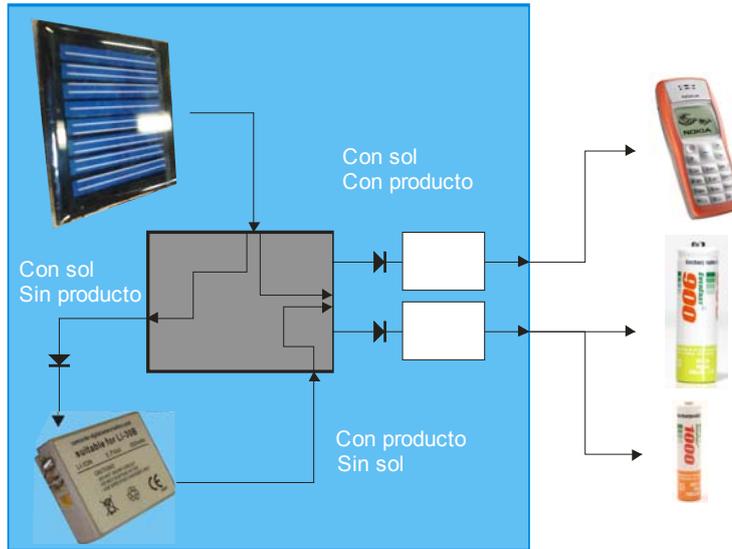
Según la evaluación anterior la mejor solución es la alternativa 2 y se muestra en la Figura 9.



**Figura 9. Alternativa de solución seleccionada**

### **2.1.2. DISEÑO DEL CIRCUITO**

Para el diseño del circuito se establecen las necesidades de control del sistema. En la Figura 10, se muestra el funcionamiento básico del producto para garantizar su máxima efectividad en la entrega de la carga.



**Figura 10. Requerimientos básicos del sistema**

Como se puede ver en la Figura 10 las necesidades son:

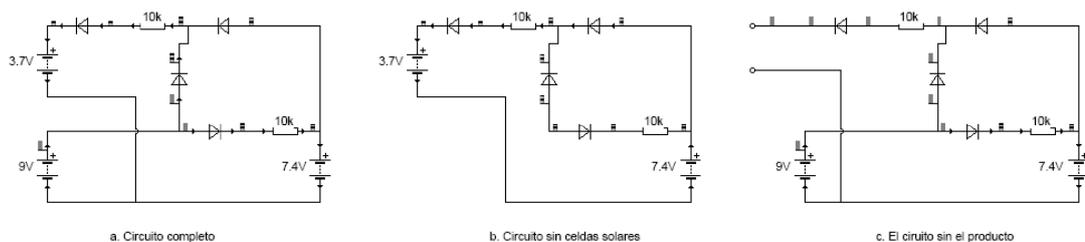
- Cuando se tiene suficiente luz solar y se conecta un producto, la energía transformada se dirigirá hacia este último.
- Cuando se tiene suficiente luz solar y no se conecta un producto, la energía transformada se dirigirá hacia la batería interna.
- Cuando no se tiene suficiente luz solar y se conecta un producto, la energía acumulada en la batería interna, se dirige hacia el producto para recargarlo.

Para el rediseño del cargador solar se utilizan cuatro celdas fotovoltaicas policristalinas, que generan cada una 4.5 V y 55 mA/h. El arreglo, o conexión del circuito, del nuevo producto permite entregar 9V a 100 mA/h. El producto actual tiene 8 celdas de 1V y 250mA/h cada una, conectadas en un arreglo que permite obtener 8V a 250mA/h. Esta decisión de cambio de las celdas se debe a una reducción en el área de exposición requerida, el aumento en el voltaje y reducción de la corriente, ya que las baterías deben ser cargadas con bajas corrientes, aproximadamente un décimo de su capacidad, pero es muy importante que tengan un voltaje alto que permita la circulación de energía en el circuito.

A continuación se presenta la interpretación electrónica inicial del sistema presentado en la Figura 10.

- De la fuente FV de 9V hacia la batería interna 7.4V
- De la Fuente FV de 9V hacia el Celular NOKIA compatible de 3.7V
- De la batería interna de 7.4V hacia las baterías AA / AAA de 1.5V cada una

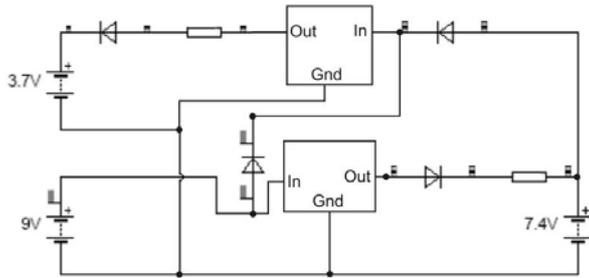
El siguiente paso del desarrollo es encontrar la manera en que estos tres elementos sean compatibles en un único circuito. En la Figura 11 se presenta la integración del circuito en una primera aproximación. En la parte A están conectados todos los componentes del circuito, las celdas, la batería interna y el producto a cargar, la energía va desde las celdas y la batería hacia el producto. En la parte B se desconectan las celdas solares, la energía fluye desde la batería interna hacia el producto. En la parte C se desconecta el producto, la energía fluye desde las celdas solares hacia la batería interna del cargador.



**Figura 11. Integración del circuito eléctrico**

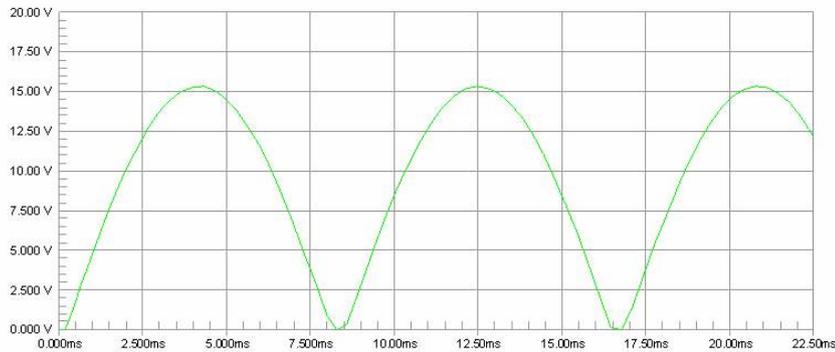
Ahora lo que se debe hacer es encontrar una manera de controlar el circuito para que una vez que la batería interna esté totalmente cargada, la corriente se desvíe, además de esto es necesario controlar el voltaje que puede llegar a las baterías, porque un exceso de voltaje o corriente puede dañar las baterías. La solución está en incorporar al circuito dos reguladores que permiten controlar el

voltaje que se entrega a las baterías tanto la interna como la del producto final. Los reguladores se incorporan como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12. Circuito con reguladores**

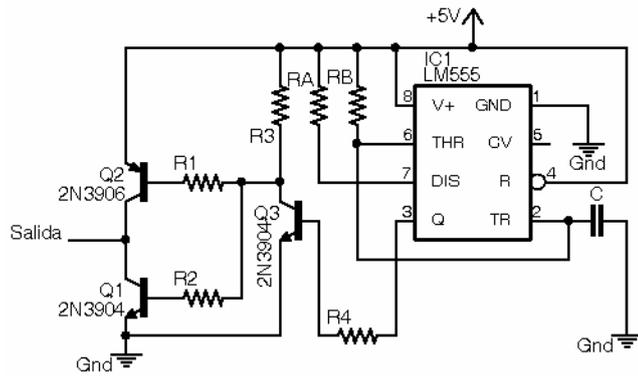
La salida de 3.7 voltios tiene una característica especial. Los cargadores de celulares NOKIA tienen una señal de corriente directa pulsante, lo que significa que varía en el tiempo como se muestra en la Figura 13; Por lo cual se debe incorporar adicionalmente un integrado LM555<sup>9</sup>.



**Figura 13. Señal del cargador de NOKIA**

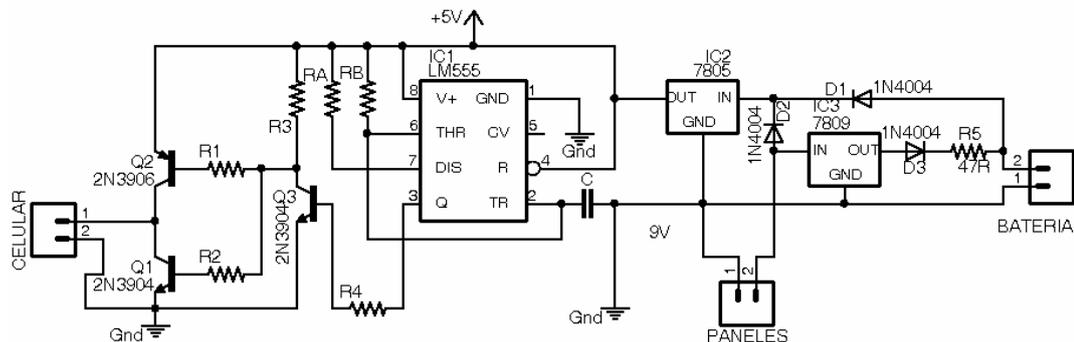
El integrado LM555 tiene una limitación de 150mA, pero el cargador de NOKIA entrega 350 mA, por este motivo se debe agregar un circuito amplificador de corriente que tiene la siguiente forma (ver Figura 14)

<sup>9</sup> Convierte las señales DC puras en señales DC pulsantes a 120 Hz.



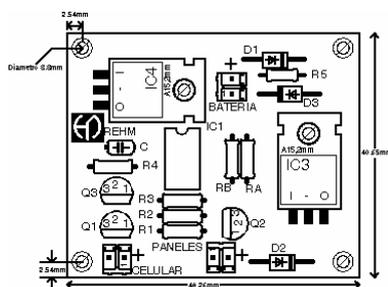
**Figura 14. LM555 con circuito amplificador de corriente**

Ahora se definen los componentes que hacen que el circuito funcione adecuadamente, empleando, resistencias, diodos, reguladores LM7809, LM78L05, el integrado LM555, transistores NPN, condensador y conectores. El plano electrónico del diseño final del circuito con sus componentes se muestra en la Figura 15.



**Figura 15. Plano electrónico**

A continuación se muestra (en la Figura 16) el diseño de la tarjeta impresa.



**Figura 16. Tarjeta impresa**

Este diseño de circuito cumple con una característica importante en cuanto al volumen que ocupa dentro del producto (4.9 x 4.1 x 1.2 cm.), esto se debe en cierta medida a los componentes seleccionados. En la Tabla 6 que se muestra a continuación se enumeran los componentes necesarios para hacer funcionar el cargador solar.

REFERENCIA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
SHCY54*54-2	4	Celda solar 4.5V 55mA
Batería	2	Batería Li-ion 3.7V 650mA
XXXXX	1	Conector universal
LM7809	1	Regulador 9V 1 <sup>a</sup>
LM78L05	1	Regulador 5V 100mA
LM555	1	Integrado de pulsación.
1N4004	4	Diodo 1A 400V
47 ½	1	Resistencia ½ vatio
33 ½	1	Resistencia ½ vatio
CB2	3	Conector Impreso 2 pines
Tarjeta	1	Circuito impreso

**Tabla 6. Componentes del circuito electrónico**

### 2.1.3. PRUEBAS DEL CIRCUITO

Una vez impreso el circuito se hace el montaje de los componentes y se procede a realizar las pruebas necesarias para verificar que el producto funciona y determinar su eficiencia. El montaje de prueba puede verse en la Figura 17.



**Figura 17. Montaje de prueba**

Para las prueba se toman las mediciones de voltaje y corriente que entrega el producto con las diferentes condiciones de sol. Los resultados de estas pruebas se muestran a continuación en la Tabla 7.

<b>CONDICIÓN</b>	<b>Hora</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (mA)</b>
<b>Día despejado</b>	11:00	8.9	81.9
	11:30	8.9	92.2
	12:00	8.9	95.6
<b>Día nublado con sol</b>	12:12	8.63	71.2
	12:14	8.64	76.1
	14:05	8.85	69.2
<b>Día nublado sin sol</b>	12:08	7.92	25.6
	12:05	7.70	25.7
	14:35	5.82	6.28

**Tabla 7. Resultados de las pruebas de eficiencia**

Estas pruebas se realizaron en diferentes momentos de un mismo día, en el cual las condiciones de sol cambiaron rápidamente.

### **Conclusiones de las pruebas.**

- La eficiencia del cargador solar depende en gran medida de la cantidad de sol que se tenga. Esto puede no afectar considerablemente el voltaje, pero si la corriente entregada.
- En un día nublado con sol se puede ver una reducción en la eficiencia del producto de un 25 – 30%.
- La inclinación del las celdas en dirección al sol, está directamente relacionada con la eficiencia alcanzada. Se puede perder entre un 5 – 10% de energía si no se direcciona correctamente.
- Para un correcto funcionamiento del cargador en condiciones de sol desfavorables, es recomendable que las baterías internas permanezcan cargadas.

## **2.2. PROCESO DE FORMALIZACIÓN.**

En esta etapa del proyecto se define la forma del producto rediseñado y a partir de esta se hace la modelación 3D y las comparaciones con el producto actual

en el análisis de ciclo de vida. Es importante tener en cuenta en esta etapa las restricciones que se han definido no solo en el paso anterior sino también las que se ven en los requerimientos del producto.

A continuación se define la forma en su nivel más básico, para esto se emplea la matriz morfológica, desde la cual se establece la arquitectura del producto.

### 2.2.1. MATRIZ MORFOLÓGICA

Para iniciar el proceso se utiliza la matriz morfológica, esta vez con las soluciones de arquitectura del producto, buscando un ahorro en el espacio, un diseño más atractivo y una funcionalidad superior. A continuación se muestran las principales soluciones arquitectónicas en la Tabla 8.

	Propuesta A	Propuesta B
Lineal		
Paralelo		
Cuadrado		

Tabla 8. Matriz Morfológica. Arquitectura del producto

- La propuesta que presenta la mejor funcionalidad es la lineal B, ya que no es necesario articular el producto e incurrir en conexiones adicionales.
- La que presenta mejor aprovechamiento del espacio es la paralela A, porque ofrece un área menor cuando el producto está plegado.
- La que presenta el diseño más atractivo es la paralela B, ya que la forma se complementa cuando se despliega el producto.

La evaluación de la arquitectura que se hace entre las tres propuestas anteriormente referidas, se muestra en la Tabla 9, con una escala de 1 a 5 donde 1 es la menor calificación.

	<b>Funcional</b>	<b>Formal</b>	<b>Espacial</b>	<b>Total</b>
<b>Lineal B</b>	5	2	2	9
<b>Paralelo A</b>	4	2	5	11
<b>Paralelo B</b>	3	5	4	<b>12</b>

**Tabla 9. Evaluación de la arquitectura del producto**

Desde la tabla anterior se concluye que la mejor opción para la exploración formal es la paralela B (con eje de giro), esta cuenta con una posibilidad formal más amplia y atractiva.

### **2.2.2. REFERENTE FORMAL**

Para empezar el proceso de diseño formal se selecciona un referente, que para este caso es el SMART (ver Figura 18), vehículo reconocido por ser ambientalmente amigable. Uno de los conceptos más interesantes de la marca es el del uso racional de los recursos, “use solo lo que necesita”.



**Figura 18. Referente formal: SMART**



**Figura 19. Imágenes del referente**

En la Figura 19 se muestran diferentes imágenes del referente, desde las cuales se extraen las formas básicas, que sirven de punto de partida para la generación de alternativas. En la Figura 20 se puede ver la carta de colores que se utiliza en el referente, que puede ser aplicada al nuevo producto.



**Figura 20. Carta de colores**

El usuario del cargador solar se moviliza en terreno hostiles tratando de llevar solo lo necesario, con elementos que faciliten la vida en lugares como selvas, desiertos, montañas y nevados, donde se realizan prácticas ecoturística y la energía eléctrica es muy escasa o difícil de conseguir (ver Figura 21).



**Figura 21. Contexto usuario**

Entre los productos que son utilizados en la práctica de ecoturismo se encuentran ciertos factores comunes, como son: el tamaño, el peso, la resistencia. En la Figura 22 se presentan ciertos elementos que son de uso continuo para el usuario.

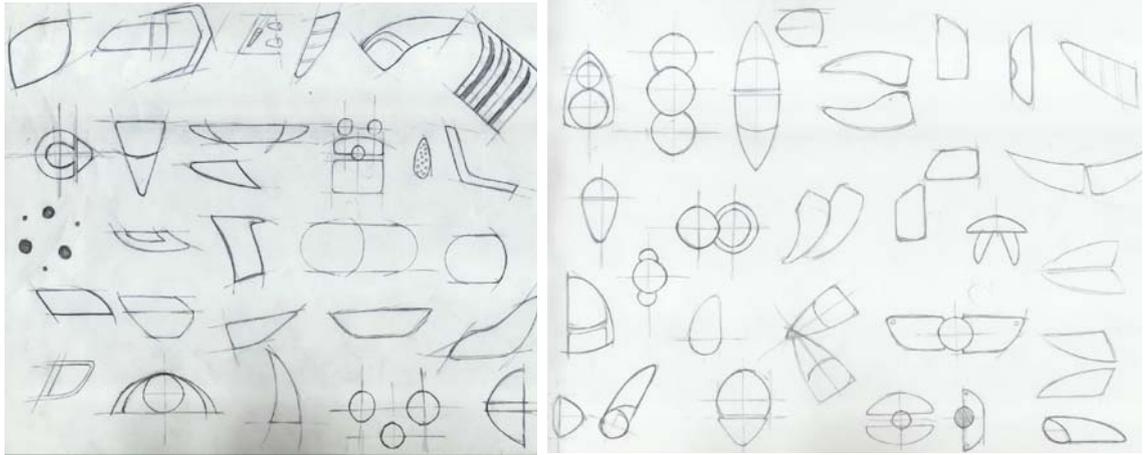


**Figura 22. Elementos del usuario**

### **2.2.3. EXPLORACIÓN FORMAL**

En esta etapa se toma el referente, se descompone en formas y arquitecturas básicas a partir de los cuales se generan las propuestas de diseño.

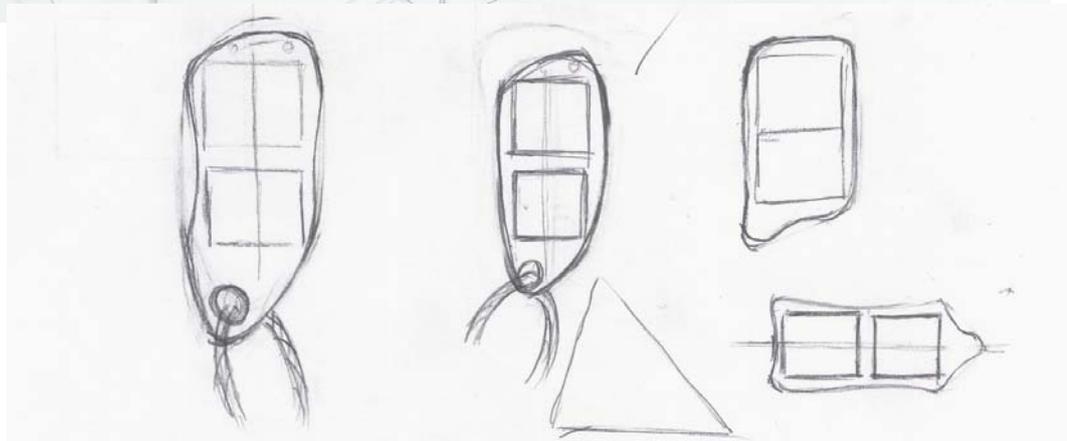
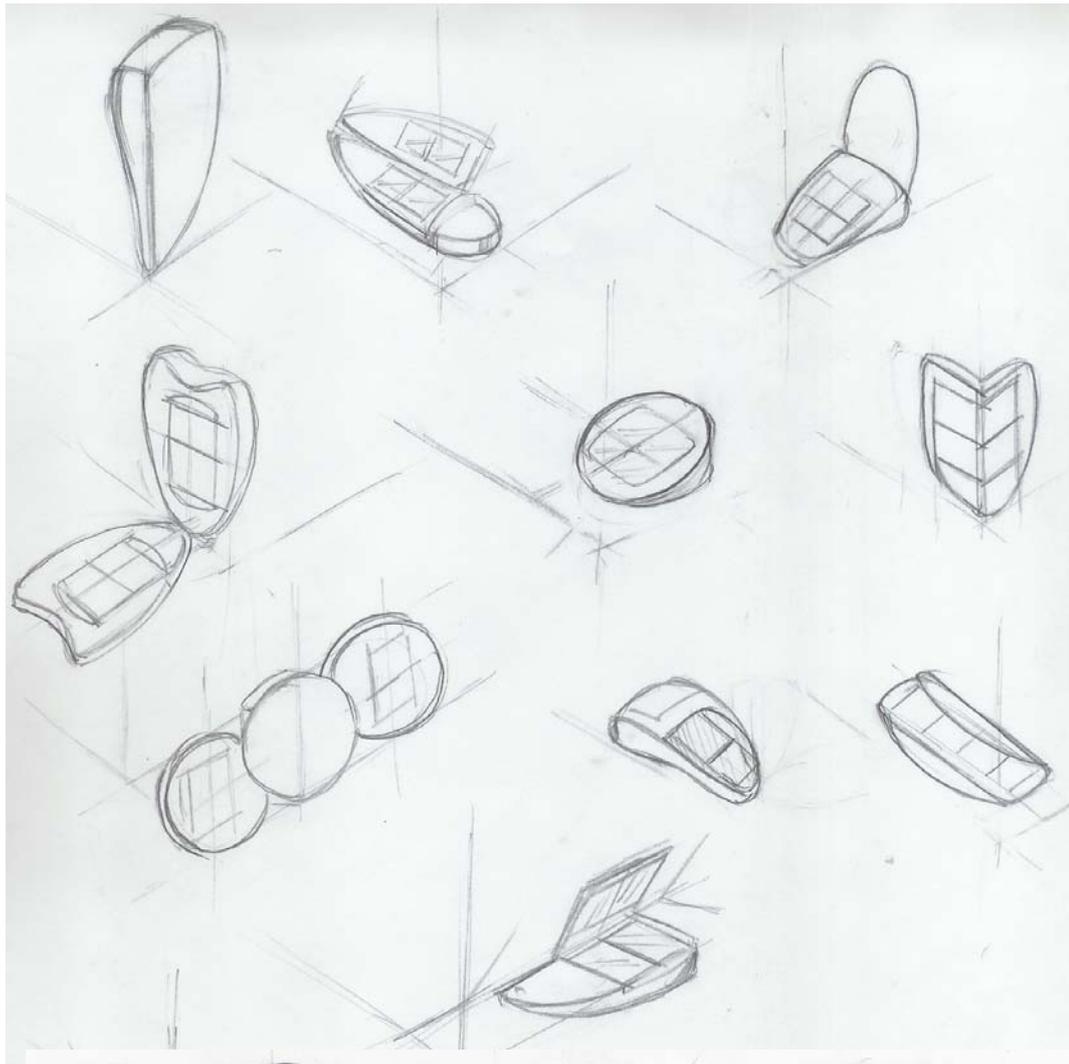
De las formas básicas que tiene el referente se crean las arquitecturas haciendo abstracción, repetición, duplicación, variación de tamaño, reflejo, etc. En la Figura 23 se muestra en la parte superior las formas que se pueden ver en el referente, mientras que en la parte inferior se ven arquitecturas y exploraciones de la forma.

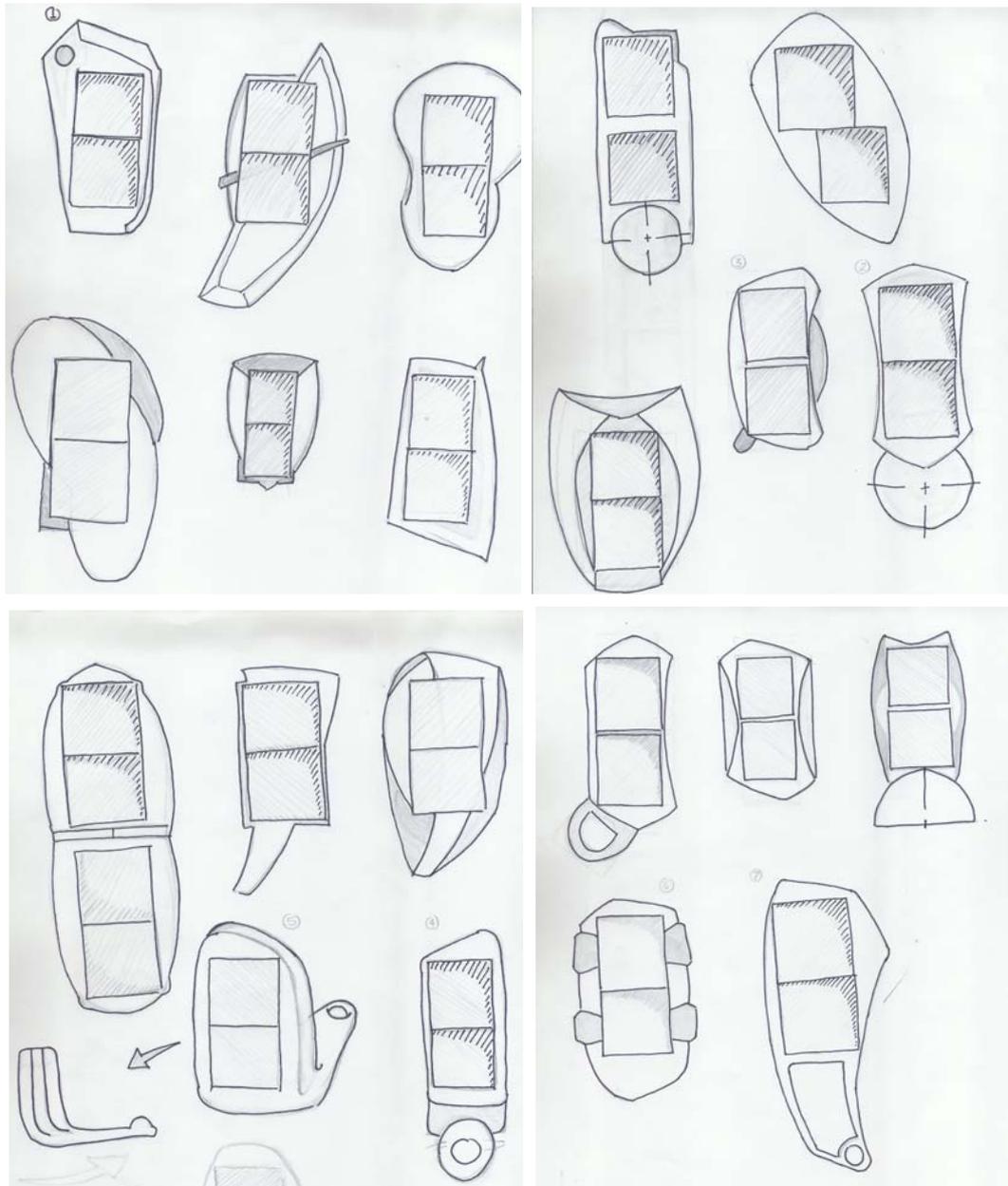


**Figura 23. Formas básicas y arquitectura del referente**

#### **2.2.4. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS**

En este paso, se emplean las formas básicas mostradas en la Figura 23 para generar las propuestas de diseño que son seleccionadas y evaluadas más adelante. Para la primera etapa de la generación de alternativas formales ver Figura 24.





**Figura 24. Generación de alternativas formales**

A partir de las alternativas generadas se preseleccionan las mejores, se dibujan con mayor detalle y proporción más precisa, a fin de conocer los tamaños y la verdadera forma. Algunas de las opciones presentadas en la Figura 25 son evoluciones de las propuestas iniciales.

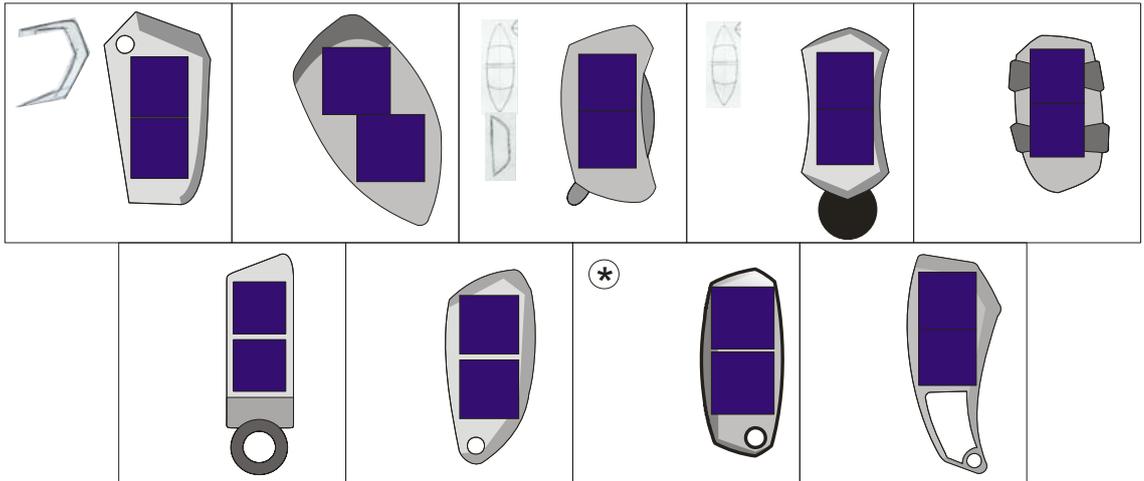


Figura 25. Alternativas preseleccionadas \* Propuesta evolucionada.

A continuación en la Figura 26 se presentan las 3 principales alternativas formales, que fueron preseleccionadas de entre las propuestas elaboradas.

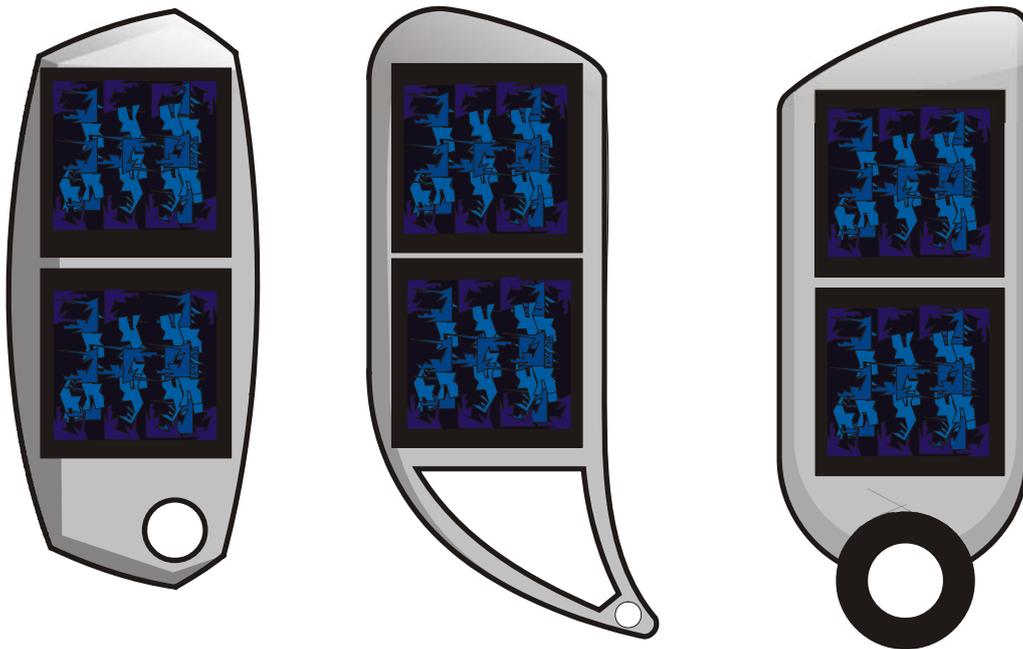


Figura 26. Propuestas de diseño

**Nota:** Las propuestas se presentan de manera similar con el fin de eliminar factores que alteren el resultado, como colores más llamativos o mejor renderización.

### **2.2.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN.**

Una vez elaboradas las propuestas de producto, se selecciona la mejor, para esto se hace una matriz que evalúa las diferentes alternativas según los criterios de selección. A continuación se presentan los criterios de selección, que están relacionados con los requerimientos de diseño del producto (Tabla 3, página 32), los deseos y necesidades del usuario (Tabla 2, página 31) y las debilidades del producto actual (Tabla 1, página 30).

1. Tamaño del producto: Definido desde la proporción que tenga la propuesta en relación a los paneles solares. Este criterio tiene una implicación directa en la evaluación ambiental ya que desde aquí se definen el volumen y el peso del producto
2. Estabilidad del producto: Se refiere a la capacidad del producto de sostenerse en su posición cuando se está usando, manteniendo su dirección al sol.
3. Sistema de guías y topes: Se refiere a la solución del sistema de abrir y cerrar el producto, asegurando que se haga en la dirección correcta y en los límites de movimiento estimados.
4. Visibilidad del conector y los mandos del producto: Se refiere a la destinación de un espacio dentro del producto para los mandos, instrucciones y el conector principal.
5. Funcionalidad de la propuesta: Se refiere a la protección que tengan las conexiones entre los paneles y el sistema eléctrico.
6. Adaptación para la carga en movimiento: Se refiere a la capacidad de adaptarse o fijarse a otros productos como el morral o la ventana del carro, para permitir cargar durante el desplazamiento del usuario.

7. Direccionamiento al sol: Se refiere a la capacidad que tenga la propuesta de ser posicionada en dirección al sol, variando de ángulo según la ubicación o la hora del día.
8. Protección de los paneles: Se refiere a la protección de los paneles que presenta la propuesta en el momento de no uso.

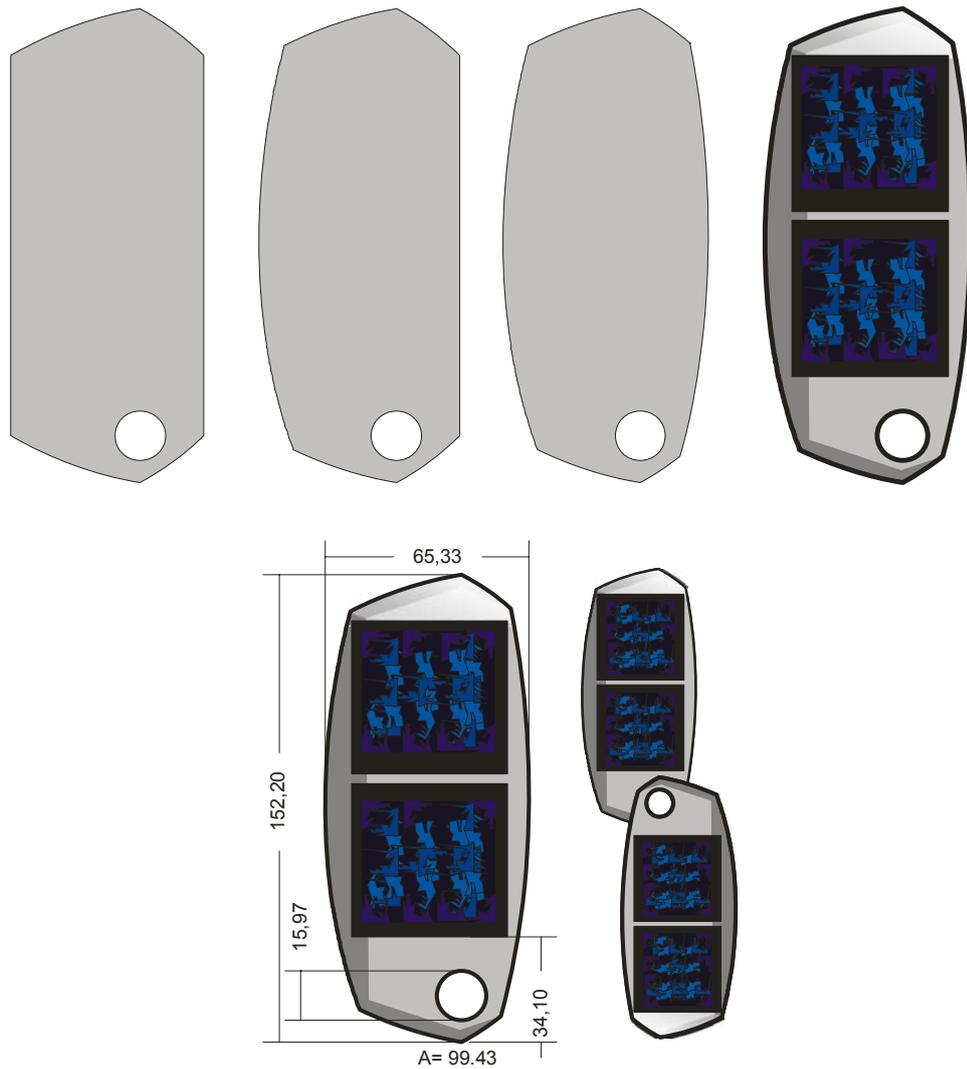
### 2.2.6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

En la Tabla 10 se puede ver la evaluación que lleva a la selección de la alternativa. La evaluación se realiza en base a una escala de 1 a 5 donde 1 es la calificación más baja. Se otorga 5 a la propuesta que se destaca en el cumplimiento del criterio.

	CRITERIOS								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>P1</b>	5	4	4	4	4	4	3	3	31
<b>P2</b>	3	3	4	3	3	5	3	3	27
<b>P3</b>	4	4	4	5	3	4	3	3	30

**Tabla 10. Matriz de selección de alternativas Formales**

A partir de la evaluación que se presenta en la Tabla 10 se define la propuesta 1 como la mejor opción para el desarrollo del producto. En la Figura 27 se presenta el desarrollo y algunas medidas básicas de la propuesta antes de iniciar la modelación, proceso en el cual se definen todos los detalles del nuevo producto.

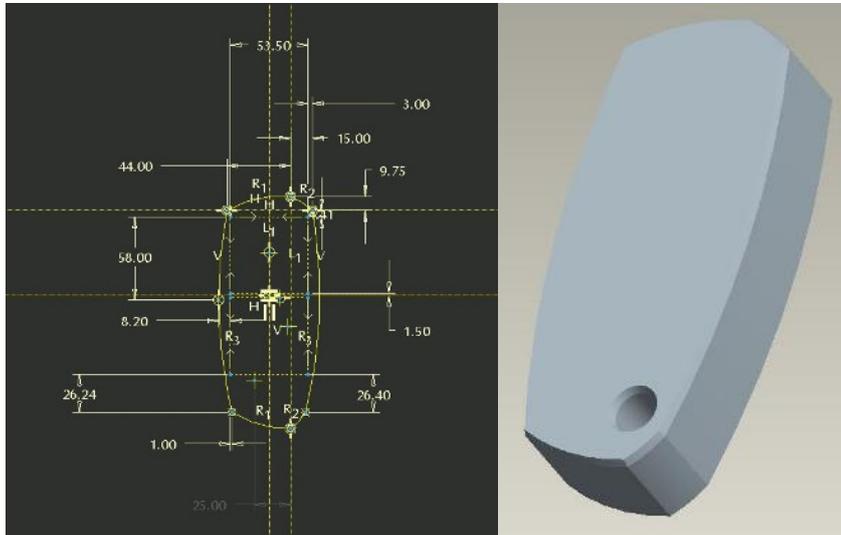


**Figura 27. Propuesta seleccionada**

### **2.3. MODELACIÓN 3D**

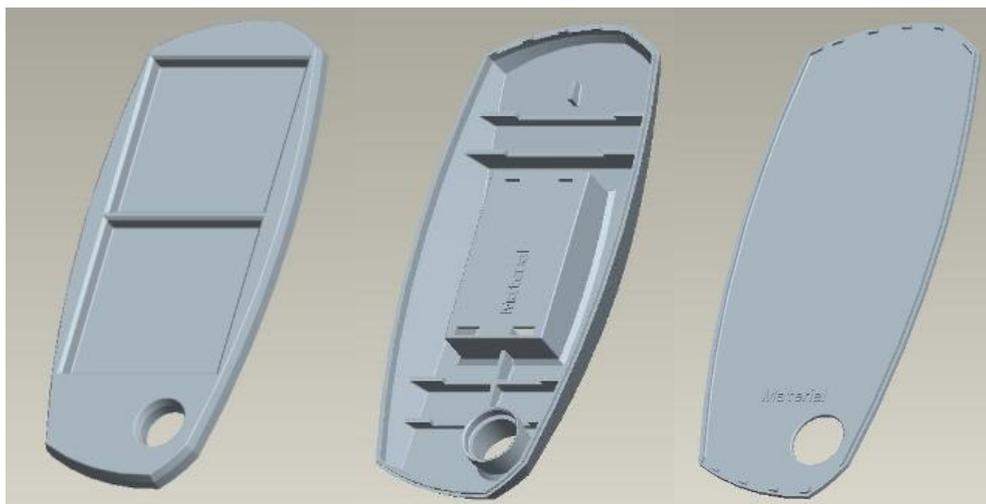
En esta etapa del proceso de diseño se crea un modelo virtual del producto, que sirve principalmente para definir totalmente la geometría y el volumen, las tolerancias geométricas y el diseño de detalles. Para este modelo virtual se utiliza el programa Pro Engineer Wildfire 2007, ya que al ser una plataforma de ingeniería permite después de crear el modelo utilizarlo como prototipo virtual en el que se realizan pruebas y modificaciones. A continuación se muestra el proceso de modelación 3D.

Para iniciar el proceso se parte de un Sketch que define la geometría básica del modelo (Figura 28).



**Figura 28. Sketch para la base del modelo y geometría básica.**

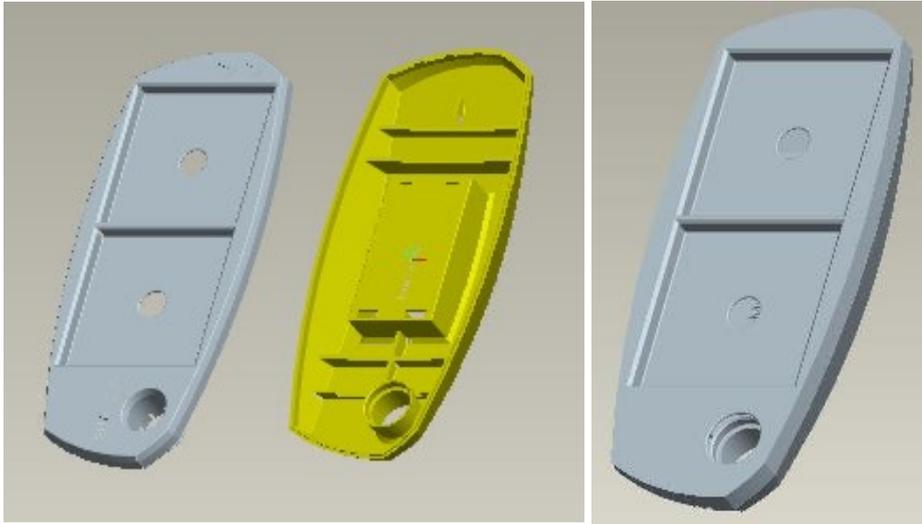
Una vez establecida la base del modelo, se crean diferentes copias del mismo que se convertirán en las carcasas independientes, esto se hace para asegurar que todas las piezas tengan concordancia geométrica, que finalmente se traduce en que se pueden ensamblar adecuadamente (Figura 29).



**Figura 29. Diferentes piezas creadas a partir del modelo Base**

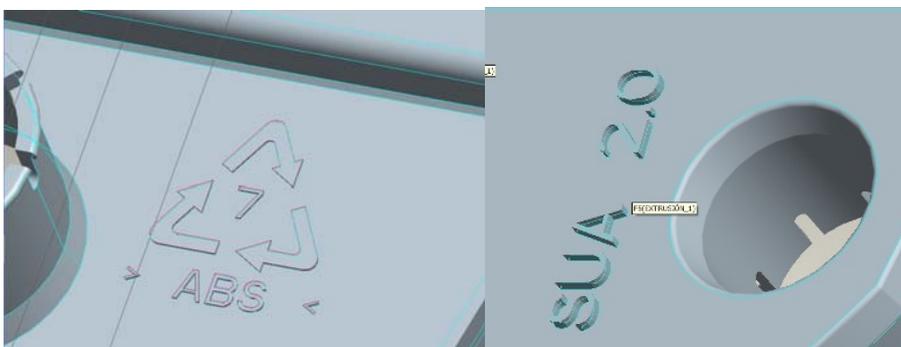
Una vez creados las diferentes carcasas, se hace un ensamble preliminar, desde el cual se definen los tipos de ajuste que deben existir entre las piezas.

En este punto es importante crear modelos de los componentes y asegurarse de que tengan espacio suficiente dentro del producto. Desde aquí empieza el diseño de detalle, con el cual se asegura la funcionalidad del modelo (Figura 30).



**Figura 30. Ejemplo de pre ensamble**

Cuando el modelo esta funcionalmente completo, es decir, las piezas ajustan correctamente, los componentes tienen espacios definidos, se asegura la posibilidad de movimientos necesarios entre las carcasas, se pasa a incluir las indicaciones que van explicitas en el producto, como son, material en que está construido, forma de manipulación y tal vez uno de los más importantes, la imagen gráfica del producto (ver Figura 31).



**Figura 31. Marcas en las carcasas**

En este punto se tiene un producto casi totalmente definido, solo es necesario agregar el color al modelo (Figura 32).



**Figura 32. Fotos del modelo 3D terminado**

El software con el que se creó el modelo es lo que se conoce como plataforma de ingeniería, que además de modelador tiene la capacidad de llevar el producto más allá, realizando sobre este análisis, simulaciones y programaciones para maquinado. En esta parte del informe se presentan los análisis, que servirán en el paso siguiente (análisis de ciclo de vida), y en el capítulo 3 se presentan análisis de elementos finitos, resultados, planos y tecnologías para fabricación del prototipo físico.

Este modelo ocupa un volumen total cercano a los  $394 \text{ cm}^3$  de los cuales  $65,2 \text{ cm}^3$  son de material de las carcasas. Esto es importante para definir, según la densidad del material propuesto, el peso del nuevo producto. A continuación se hace el análisis que permite definir el material más adecuado para construir el prototipo.

## 2.4. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

La aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida en un producto no solo lleva a mejorar sus aspectos estéticos o funcionales desde su rediseño, si no, también a desarrollar desde la concepción misma hasta la disposición final del objeto un estudio que presente los beneficios y problemas ambientales que se deben tomar en cuenta, como son elegir correctamente los materiales, los procesos, el empaque y facilitar o simplificar el fin de vida del producto. El análisis de ciclo de vida se hace apoyando en el software especializado SimaPro 7.

El objetivo de este análisis de ciclo de vida es encontrar materiales que disminuyan las emisiones al ambiente en la fabricación del cargador solar SUA 2.0. A continuación se presenta el producto actual, que se utiliza como base para hacer el diagnóstico ambiental (Figura 33).



**Figura 33. Producto actual.**

A partir del producto actual se definen los parámetros para desarrollar el análisis, partiendo de los materiales utilizados. La primera parte del análisis consiste en elaborar un diagnóstico ambiental del producto, que sirve como punto de comparación con la nueva propuesta, para así determinar si se

mejoran las condiciones ambientales o si requiere algún cambio de materiales. A continuación se presenta la parte correspondiente al diagnóstico ambiental.

Los materiales utilizados en la fabricación del prototipo del cargador solar SUA son: Resina de Poliéster, PMMA (acrílico), Celdas Fotovoltaicas monocristalinas, Tornillos de acero, Tarjeta electrónica, Baterías alcalinas, Nylon.

Los procesos de manufactura utilizados son: Maquinado control numérico, Corte y pulido en caladora, Pulido, Primer

### **ALCANCE DEL ANÁLISIS:**

Encontrar un material que disminuya las emisiones al ambiente en la fabricación del cargador solar SUA.

### **FUNCIÓN:**

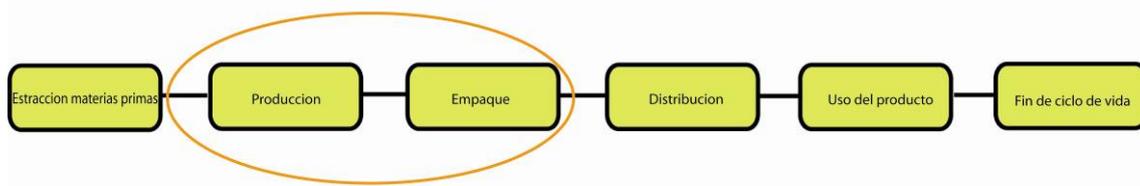
Almacenar y suministrar energía eléctrica

### **UNIDAD FUNCIONAL DEL ANÁLISIS:**

Kilogramos

### **LIMITES DEL SISTEMA:**

Este análisis de ciclo de vida está enfocado en la producción, donde nace la idea y se desarrollara el producto. Los límites que se toman son los siguientes: transporte de la materia prima hasta la planta de producción y empaque (Figura 34).



**Figura 34. Límites del sistema**

## **ALCANCE TEMPORAL, TECNOLÓGICO Y GEOGRÁFICO**

El alcance de los datos tiene un alcance a nivel local, donde se desarrolla el producto.

### **Análisis de Inventario del producto actual.**

A continuación se presentan las tablas de ecobalances de emisiones para el agua, aire y de la extracción de las materias primas para los componentes del cargador solar.

En la realización del inventario de sustancias se toman sustancias en común respecto a los elementos utilizados que son: resina, nylon, acrílico, celdas fotovoltaicas, sistema eléctrico y la batería, ya que son los elementos que aportan un gran porcentaje al peso del producto, ignorando elementos como los tornillos, el primer y la silicona utilizada para aislar el sistema eléctrico; también se toma las emisiones del transporte generadas al adquirir las materias primas y desplazarlas hasta la planta de producción, en este caso los laboratorios de la Universidad Eafit.

Además se toman en cuenta las celdas solares monocristalinas como una pieza en total, sin necesidad de descomponerla, esto se debe al que en el programa SimaPro 7 ya existe un inventario de las celdas y se pueden analizar solo definiendo el tamaño; de igual manera las baterías ya que el programa suministra el inventario de una batería alcalina de la tamaño AAA, lo que se hace es compararlas a según el peso.

A continuación se presentan en la Tabla 11 con la desmaterialización y costos de materiales del prototipo

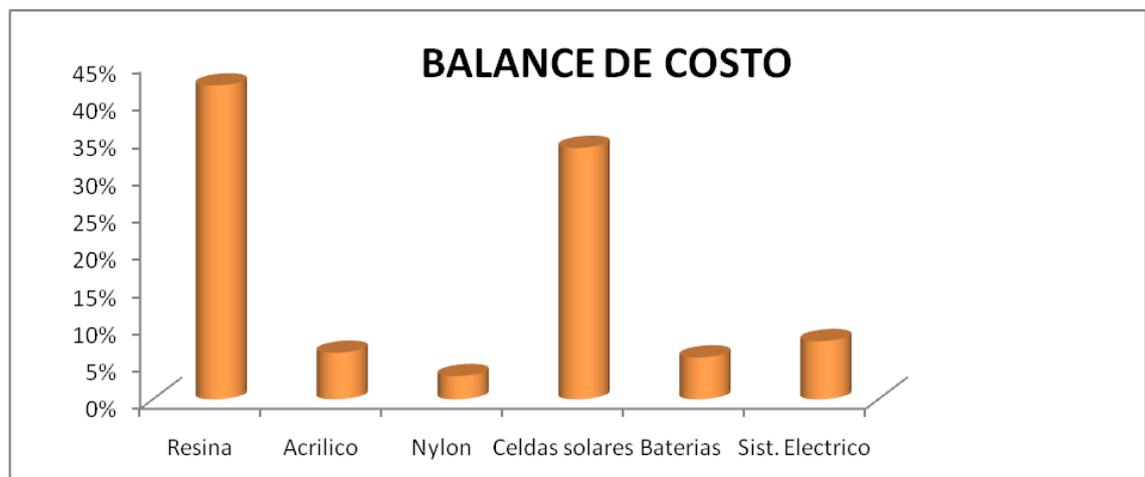
Peso de la piezas de Sua					
Parte	Material	Cantidad	Peso unitario (gr)	Peso total (gr)	Costo
Eje	Nylon	1	3,3	3,3	\$ 10.000
Carcasas	Resina de Poliester	3	112	336	\$ 126.000
Tapas carcasas	Acrílico	3	25	75	\$ 20.000
Paneles solares Monocristalino		8	13	104	\$ 108.000
Sistema eléctrico		1	11	11	\$ 25.000
Tornillos	Acero	12	0,17	2,6	\$ 5.000
Baterías	Alcalinas	3	2	6	\$ 20.000
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>		<b>537,9</b>	<b>\$ 314.000</b>

**Tabla 11. La desmaterialización y costos de los elementos del prototipo actual**

En la Tabla 11 se muestra una relación entre el peso de cada elemento y el coste que representa en la elaboración del prototipo actual, donde los mayores costos están en la resina de poliéster y en las celdas solares.

#### **Balance de costos:**

En este balance se analiza cual material representa los mayores costos en el producto, en la Figura 35 se puede observar que la resina equivale al 42%, por lo tanto se debe buscar una alternativa que sea más eficiente tanto en el área ambiental como en el tema de costos para la producción del prototipo.



**Figura 35. Balance de Costos**

## Entradas:

En la Figura 36 se presentan los elementos que se encontraron en común en los partes del producto actual.

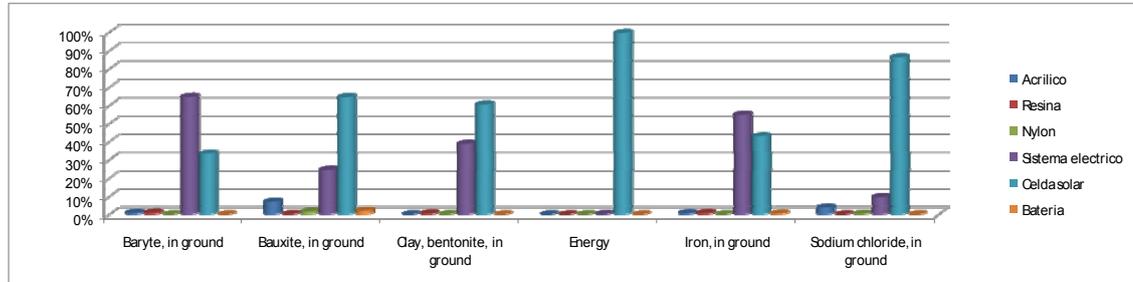


Figura 36. Entradas de recursos del producto actual

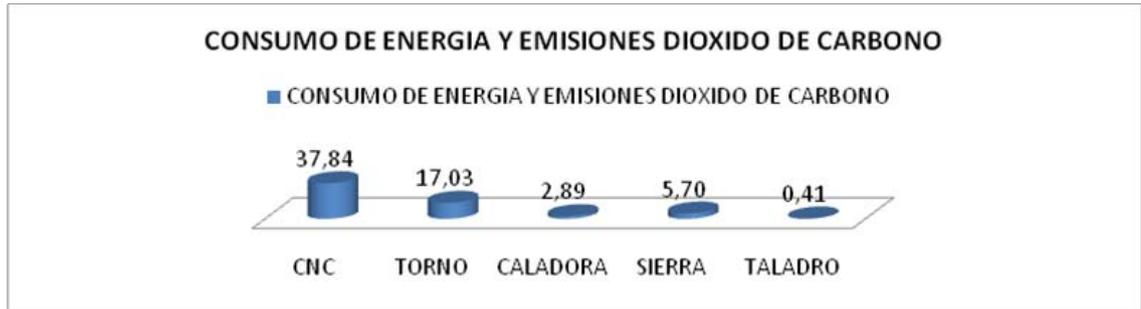
## EMISIONES:

En la Tabla 12 se presentan los consumos de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> de la fabricación del producto actual.

CONSUMO DE ENERGIA Y EMISIONES DIOXIDO DE CARBONO						
	VOLTAJE	AMPERIOS	WATIO	HORAS	KWH	Emisiones CO2
<b>TORNO</b>	220	50	11000	8	88,00	37,84
<b>CNC</b>	220	60	13200	3	39,60	17,03
<b>CALADORA</b>	120	3,5	420	16	6,72	2,89
<b>SIERRA</b>	120	6,9	828	16	13,25	5,70
<b>TALADRO</b>	120	0,5	60	16	0,96	0,41
<b>Total emisiones CO2 (KG)</b>						<b>63,87</b>

Tabla 12. Emisiones de fabricación del producto actual.

Como se puede ver se producen 63.87 kilogramos de dióxido de carbono, lo que lleva a considerar si el proceso de producción si es el más adecuado para la elaboración de prototipos, adicionalmente se está consumiendo tiempo considerable en la manufactura, ver Figura 37.



**Figura 37. Consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono**

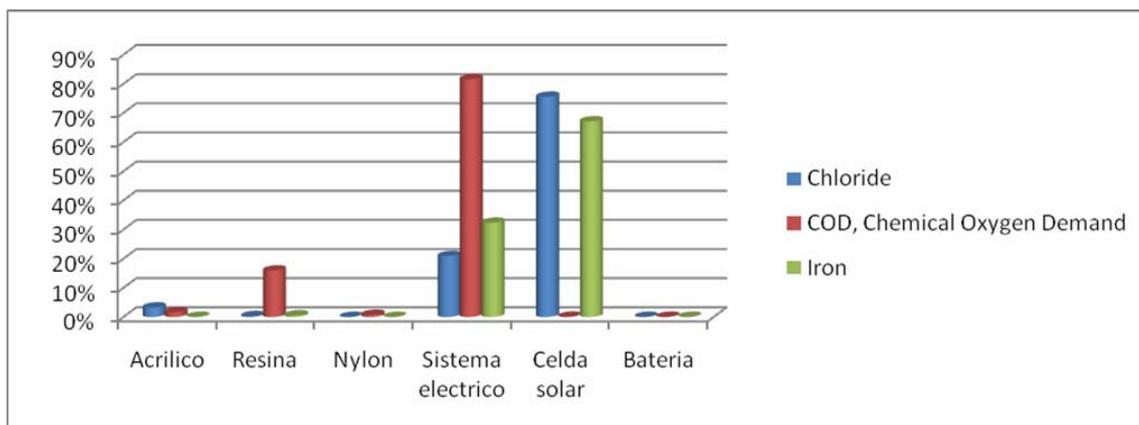
La Figura 37 muestra las emisiones que se generan al elaborarse el prototipo, siendo la máquina de control numérico la que más aporta en comparación de los otros procesos. En este análisis de producción no se están considerando el espacio ni el local, solo se consideran los tiempo de maquinas, ya que de estos dependen los costos de producción.

### **Vertimientos al agua**

Las emisiones considerables en sustancias son en cloruros, el hierro y la demanda química de oxígeno en el porcentaje de los materiales utilizados en la fabricación del prototipo.

En el análisis de inventario se encuentra que el elemento que mayores emisiones generan al agua es la celda fotovoltaica monocristalina, proporcionando mayores emisiones de cloruros y de hierro en el agua, además que la resina y el sistema eléctrico tienen una mayor demanda química de oxígeno, provocando un exceso de nutrientes, lo que se considera eutroficación.

A continuación se presenta un gráfico del comportamiento de cada material frente sus emisiones generadas al agua (Figura 38).

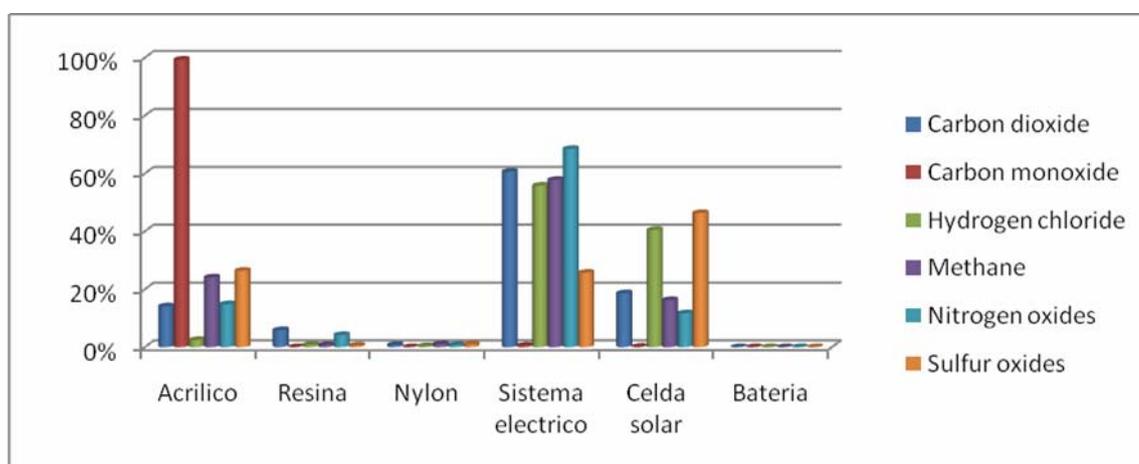


**Figura 38. Vertimientos del agua**

### Emisiones al aire:

Se pueden observar emisiones considerables de monóxido de carbono, que provoca niebla fotoquímica, el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos causan están relacionados con el efecto invernadero, además se encuentran sustancias que generan efectos ambientales como la acidificación provocada por el óxido nitroso y el cloruro de hidrogeno (Figura 39).

Entre los elementos que presentan mayores problemas ambientales están el acrílico, el sistema eléctrico y la celda fotovoltaica, llevando esto a una interpretación sobre cuál es el elemento más contaminante respecto a otros y en cual se podría pensar en desarrollar un mejor rediseño.



**Figura 39. Emisiones al aire**

## **EVALUACION DE IMPACTO**

En la evaluación de impacto ambiental se aprecia los efectos que causa en la estructura del ecosistema el cargador de energía solar actual.

En el desarrollo del producto se analizaran los puntos de mayor impacto al ambiente, disminuyendo la masa del cargador actual (538 gr), optimización los componentes, mejorando del sistema eléctrico, disminuyendo el material tanto en peso como en variedad y la empleando celdas fotovoltaicas de tecnología diferente.

Entre los efectos que se generan en la fabricación del producto actual se encuentran:

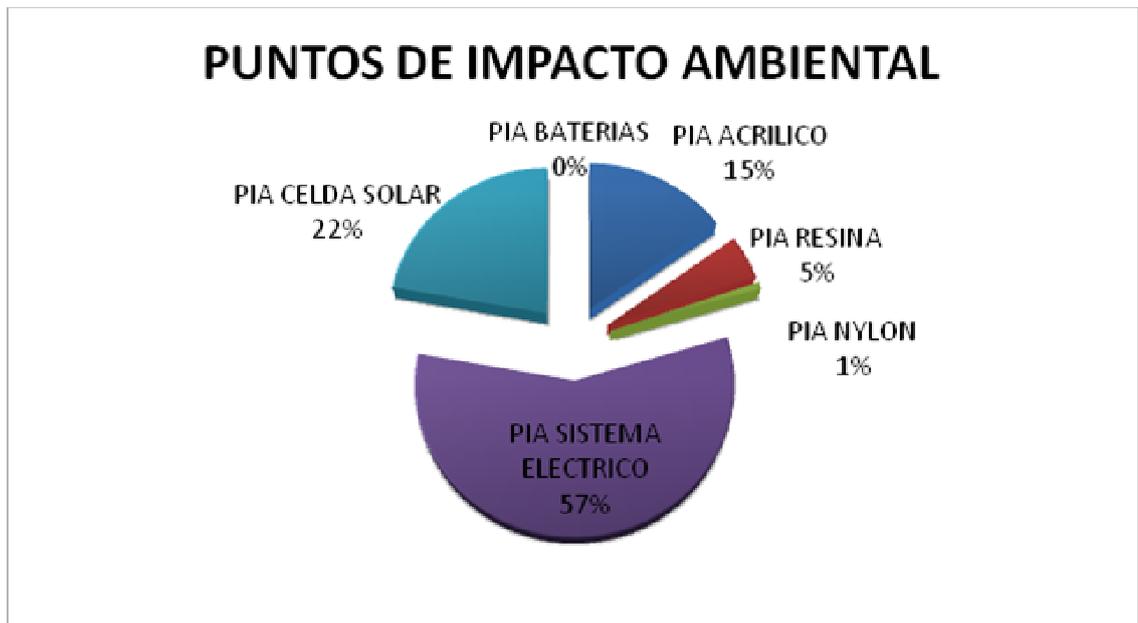
- El calentamiento global producido por de gases efecto invernadero.
- La niebla fotoquímica que se presenta en las nubes rojizas produciendo problemas de salud como irritación e infecciones en las vías respiratorias.
- Acidificación causada por gases como óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno producto de la combustión de carbón, combustión de vehículos, la fundición.
- Eutrofización que es el exceso de nutrientes arrojados a los afluentes ocasionando el agotamiento de oxígeno.

En la Tabla 13 se presentan los puntajes que presento el diseño del prototipo del producto actual, donde se obtuvo un alto puntaje en el calentamiento global y en Eutrofización debido al sistema eléctrico y las celdas fotovoltaicas.

PUNTOS DE IMPACTO AMBIENTAL	
CALENTAMIENTO GLOBAL	62,92
NIEBLA FOTOQUIMICA	3,442
EUTROFICACION	87,075
ACIDIFICACION	16,44

**Tabla 13. Puntos de impacto ambiental del producto actual**

La distribución del impacto ambiental se presenta en la Figura 40, donde los materiales que presentan un mayor impacto son: Sistema eléctrico (57%), la celda fotovoltaica monocristalina (22%), y la suma de materiales del acrílico, nylon, y resina dando un porcentaje de (21%), además se desprecia el impacto por parte de las baterías.



**Figura 40. Puntos de impacto ambiental producto actual**

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

- Se obtienen las emisiones generadas al aire y al agua de cada pieza del cargador actual, esta información es valiosa como punto de comparación

del impacto ambiental frente a otras formas de prototipaje de menor tiempo, mejor acabado, menor desperdicio de material.

- El acrílico, la resina y el nylon que se podrían reemplazar por otro tipo de material, donde la manufactura permita sustituirlos, logrando disminuir impactos ambientales, costos, material y tiempos de manufactura, logrando tener un producto más sostenible; también se considera la celda fotovoltaica monocristalina como un elemento ecológicos y de diseño sostenible aunque presenta una gran cantidad de emisiones indirectas al agua y al aire, siendo al agua donde más se arroja residuos en su fabricación; estas celdas también se podrían reemplazar por unas de mayor tecnología con menor peso y que permitan mejor eficiencia en la transformación de energía solar a energía eléctrica.
- El acrílico, un elemento de poco peso, es considerado el polímero que más monóxido de carbono arroja al aire, produciendo un impacto considerable a la niebla fotoquímica. Se debe considerar el acrílico como el principal elemento a intervenir y obtener alternativas sobre su reemplazo o disminución de volumen y área.
- Se identifica el sistema electrónico como un elemento clave para diseñar, ya que asegura el funcionamiento, es indispensable buscar la prolongación de su ciclo de vida evitando imperfecciones cuando se esté operando el cargador solar.
- La celda solar debería representar el costo principal, ya que la carcasa de resina funciona en torno a la celda y no la celda para la carcasa.
- Los elementos que presentan mayor impacto ambiental, son el sistema eléctrico y las celdas fotovoltaicas debido a la gran cantidad de procesos

y materiales que contienen, por esto se debe buscar los últimos desarrollos, que sean más amigables con el medio ambiente.

## **MEJORAS EN EL PRODUCTO**

Las mejoras del producto se enfocaran en la carcasa, celdas policristalinas, batería y sistema eléctrico.

- **MEJORAS EN LA CARCASA:** Se reemplaza el acrílico, la resina y el nylon por ABS, mediante un proceso de prototipaje rápido que consiste en el modelado por hilo fundido de material (FDM) donde no hay pérdidas de material y se encuentren las condiciones ideales para un prototipo funcional.
- **MEJOR CELDAS FOTOVOLTAICAS:** Se reemplazan las celdas fotovoltaicas monocristalinas de las siguientes características 1 V y 250 mA, por unas celdas policristalinas con unas características de 4,5 V y 55 mA, proporcionando mayor eficiencia en la transformación de energía solar a energía eléctrica.
- **MEJORAS SISTEMA ELECTRICO:** El diseño del sistema eléctrico cumple con las especificaciones requeridas (ver Figura 10), alargando el ciclo de vida, mejorando las funciones de carga de baterías AA y AAA, y carga de celulares Nokia.
- **MEJORAS EN LA BATERIA:** Se Reemplazan las baterías Alcalinas internas del producto actual por baterías de iones de litio que permitan ser recargadas, proporcionando un mayor tiempo de vida, esto también disminuye el impacto ambiental reduciendo los residuos generados durante el uso.

## **DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL REDISEÑO**

El diagnóstico ambiental se desarrolla bajo los inventarios proporcionados por el software SimaPro 7 de análisis de ciclo de vida que presenta inventarios actuales frente a las emisiones que generadas por una gran cantidad de materiales, procesos y logística.

En la Tabla 14 se muestra el peso estimado del nuevo producto para realizar las evaluaciones de los impactos ambientales.

<b>PESO REDISEÑO CRAGADOR SOLAR SUA II (gr)</b>	
BATERIAS IONES-LITIO	33
CELDA FOTOVOLTAICAS POLICRASTALINAS	45
SISTEMA ELECTRICO	6
CARCASA ABS	68,46
<b>TOTAL</b>	<b>152,46</b>

**Tabla 14. Peso estimado del nuevo producto**

Se escogió el ABS reciclado debido a sus características, utilizando un proceso de prototipaje rápido (FDM) que permite un prototipo funcional, menor tiempo de producción, menor peso, disminución de procesos de acabado final y pérdida de material durante su manufactura y además de esto posibilidad de reciclaje del material.

El cambio de baterías alcalinas se presenta para mejorar las condiciones del sistema, donde permita mayor tiempo de vida, mayor carga de energía (7V) y disminuir la intervención del usuario al sistema.

Se emplean celdas fotovoltaicas policristalinas que son menos complejas en la producción que las monocristalinas (básicamente requieren menor consumo de energía).

## ENTRADAS

Las entradas de recursos están relacionadas a la materia prima requerida para producir el cargador solar; solo se comparan las sustancias que se encontraron en común entre los materiales del rediseño y los materiales del producto actual, para obtener datos equivalentes para comparar.

En la Figura 41 muestra la el porcentaje utilizado de cada elemento, para la elaboración del rediseño.

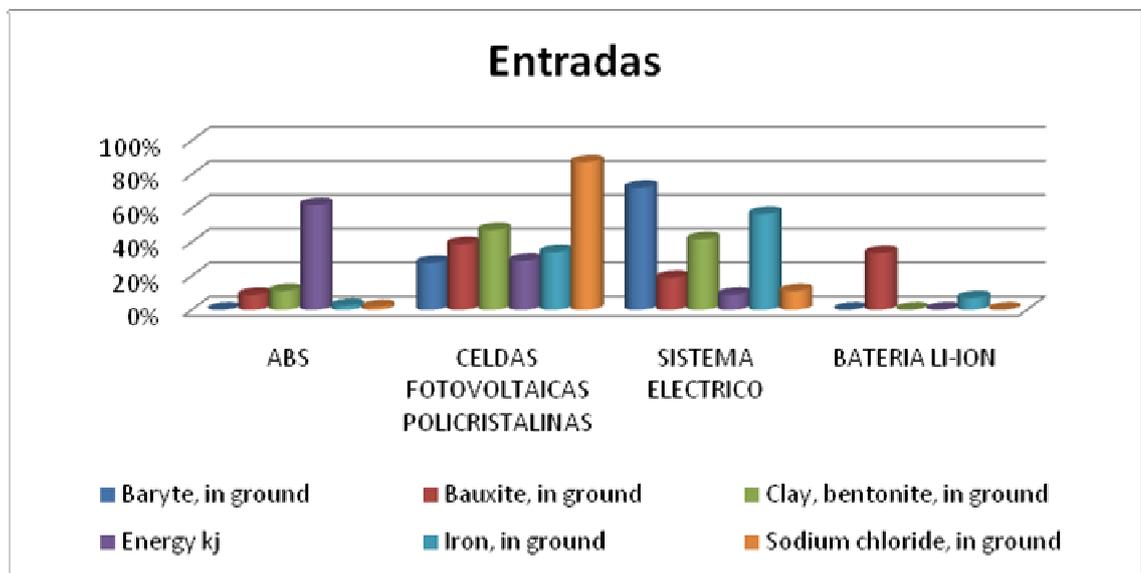


Figura 41. Entradas considerables en el nuevo producto

## EMISIONES AL AGUA

En la Figura 42, se puede apreciar las emisiones al agua, donde la mayor cantidad de emisiones son generadas por las celdas fotovoltaicas policristalinas, seguido por el sistema eléctrico, también se observa la baja cantidad de emisiones por parte de la batería y del ABS.

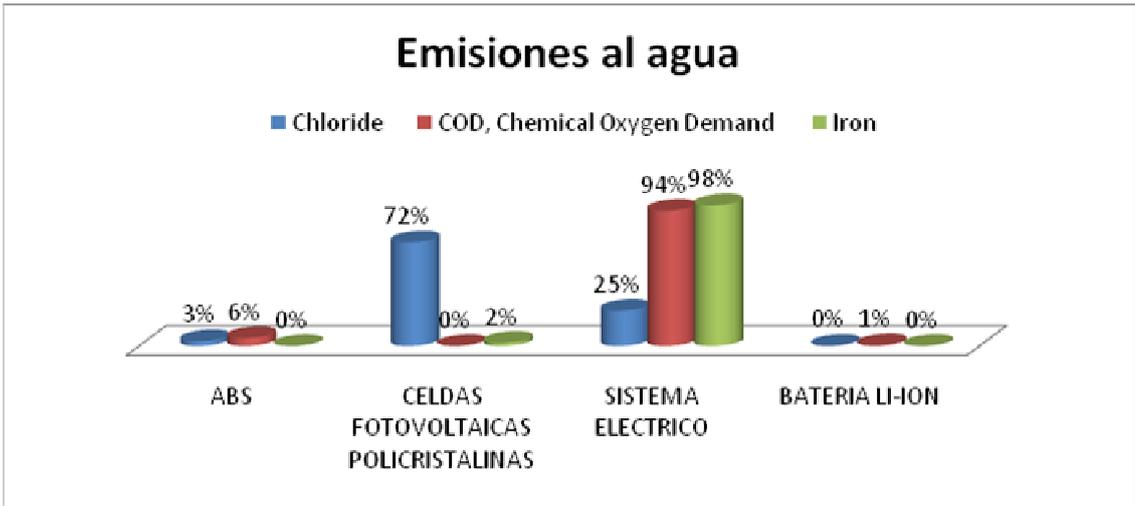


Figura 42. Emisiones del nuevo producto al agua

**EMISIONES AL AIRE**

Entre las emisiones al aire generadas se presenta un porcentaje considerable en el ABS, por parte del cloruro de hidrógeno del 98%. Generando una proporción considerable para la acidificación (Figura 43).

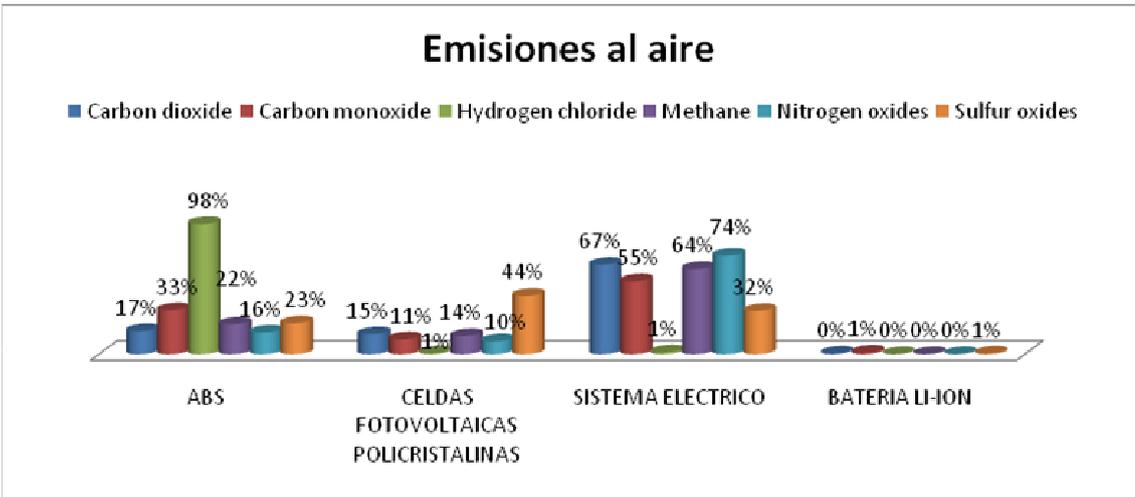


Figura 43. Emisiones del nuevo producto al aire

**EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL REDISEÑO**

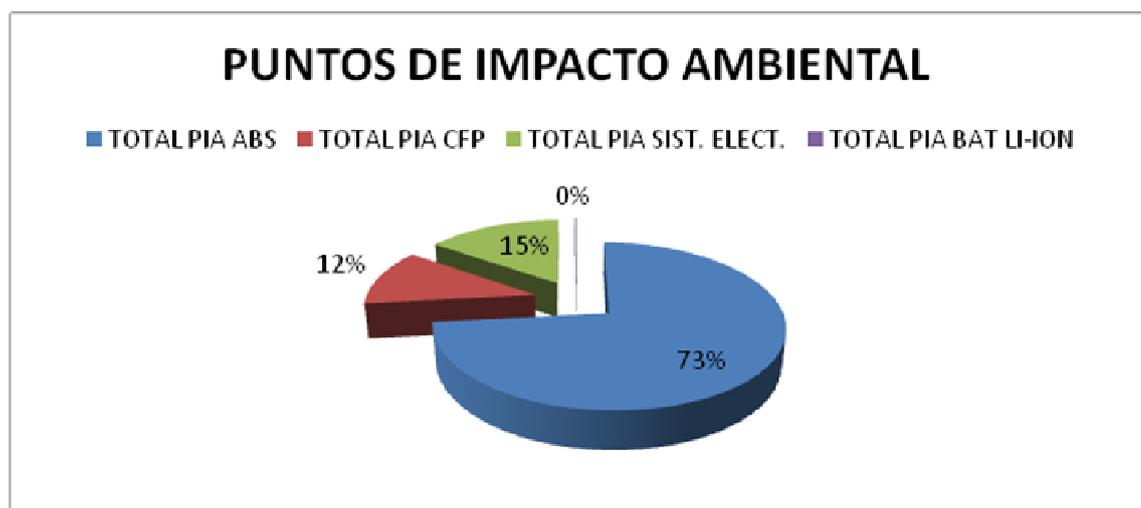
En la Tabla 15 se puede observar disminución de los puntos de impacto ambiental frente al producto actual, el calentamiento global en un 59%, la

niebla fotoquímica muy cercana a cero, la disminución de la Eutroficación en un 60%, dentro de las comparaciones aparece un dato interesante y es el aumento de los puntos de acidificación, esto debido al porcentaje de cloruro de hidrogeno pertenece 98% que aporta el ABS, esto se aprecia en la Figura 43, de emisiones al aire.

PUNTOS DE IMPACTO AMBIENTAL REDISEÑO	
CALENTAMIENTO GLOBAL	26,19
NIEBLA FOTOQUIMICA	0,02
EUTROFICACION	36,80
ACIDIFICACION	65,73

**Tabla 15. Puntos de impacto ambiental de nuevo producto**

EL rediseño se desarrollo bajo un enfoque de cambio de materiales, obteniendo como resultado en el diagnostico ambiental que el material que arrojó mayor cantidad de sustancias toxicas al medio ambiente es el ABS, disminuyendo la presión sobre las celdas fotovoltaicas y el sistema eléctrico que estaba ejerciendo el producto actual, como se puede observar en la Figura 44, el ABS ocupa el 73% en el puntaje ambiental y el 27 % está repartido entre la celda fotovoltaica policristalinas (CFP), y el sistema eléctrico.



**Figura 44. Puntos de impacto ambiental del nuevo producto**

Entre los datos importantes de este análisis se mejoro el rediseño en un factor de 34<sup>10</sup>, observar el anexo de Análisis de ciclo de vida, que se presenta al dividir los puntos de impacto ambiental del producto actual con los del nuevo.

## ECOINDICADORES

Los ecoindicadores son una parte de la metodología del análisis de ciclo de vida que mide los efectos sobre el ambiente, esto mide la comparación de dos productos, en este caso estamos comparando el diseño de SUA I, frente al rediseño de SUA II, comparados bajo las mismas características de sustancias arrojadas al medio.

En el proyecto del rediseño del cargador solar solo se toman el transporte de la materia prima y el material y/o proceso ya que están limitados dentro del sistema.

En la Tabla 16, se observa la comparación de los ecoindicadores entre los dos diseños, arrojando como resultado que el menor indicador es el del nuevo producto, debido a las características de los materiales, la disminución de estos tanto en peso, dimensiones y diferentes materiales, alcanzando una reducción cercana al 50% respecto al producto actual.

ECOINDICADORES SUA I				ECOINDICADORES SUA II			
Material o proceso	Cantidad (Kg)	Indicador	Resultado	Material o proceso	Cantidad (Kg)	Indicador	Resultado
<b>Nylon</b>	0,0033	0,585	0,00193	<b>ABS</b>	0,06846	0,397	0,02718
<b>Resina poliester</b>	0,338	0,169	0,05712	<b>Celdas Fotovoltaicas</b>	0,045	0,214	0,00963
<b>Acrilico</b>	0,075	0,434	0,03255	<b>Baterias li-ion</b>	0,033	0,0239	0,00079
<b>Celdas Fotovoltaicas</b>	0,104	0,27	0,02808	<b>Tarjeta Electronica</b>	0,006	16,1	0,09660
<b>Baterias</b>	0,006	0,00485	0,00003				
<b>Tarjeta Electronica</b>	0,013	16,1	0,20930				
<b>TOTAL</b>			<b>0,32901</b>	<b>TOTAL</b>			<b>0,09739</b>
Transporte materia prima	Cantidad (Kg)	Indicador	Resultado	Transporte materia prima	Cantidad (Kg)	Indicador	Resultado
<b>MATERIA PRIMA</b>	0,5393	0,3140000	0,1693402	<b>MATERIA PRIMA</b>	0,15246	0,3140000	0,0478724
<b>TOTAL</b>			<b>0,1693402</b>	<b>TOTAL</b>			<b>0,0478724</b>

**Tabla 16. Ecoindicadores**

<sup>10</sup> Es la relación de disminución de emisiones al medio ambiente

En el *ANEXO 1. ANALISIS DE CICLO DE VIDA*, se presentan los inventarios requeridos para realizar el análisis de ciclo de vida.

## **2.5. ANÁLISIS DEL NUEVO PRODUCTO**

A continuación, se hace una evaluación comparativa del producto actual y el nuevo. Esta evaluación se presenta en dos etapas, una ambiental apoyada en la herramienta de diagnóstico rueda LiDS<sup>11</sup> y otra comparándolos de acuerdo a los requerimientos para el diseño (Tabla 3, página 32).

Primero se presenta la rueda LiDS, que evalúa el producto en diferentes etapas del ciclo de vida. En la Tabla 17 se muestra la evaluación correspondiente a las estrategias de ecodiseño que se aplican al producto.

Las mejoras que se implementan en el nuevo producto, algunos criterios ya están resueltos desde pasos previos en el proceso de este proyecto, sin embargo, algunos como las mejores técnicas de producción deben ser implementados. A continuación se exponen los criterios de evaluación para construir la rueda LiDS.

---

<sup>11</sup> Lifecycle Design Strategies

ESTRATEGIA	OPCIONES	PRODUCTO ACTUAL	PRODUCTO NUEVO
Selección de materiales de bajo impacto	Más limpios	-	-
	Renovables	-	-
	Con baja proporción de energía	-	-
	Reciclados	-	2
	Reciclables	2	2
Reducción de materiales	En cantidad (ensamble)	-	4
	En volumen (transporte)	-	-
Disminución del peso	En materiales	-	4
	En componentes	2	1
Mejores técnicas de producción	Técnicas alternativas	-	-
	Menos pasos en el proceso	2	2
	Consumo menor de energía y uso de energía más limpia	-	-
	Menos desechos	-	2
	Menos utilización de consumibles y más limpios	-	1
Reducción del impacto durante el uso	Consumo más bajo de energía	2	2
	Fuentes de energía más limpias	2	2
	Menos cantidad de consumibles necesarios	-	1
	Consumibles más limpios	-	-
	Sin desperdicio de energía ni de consumibles	-	-
Optimización de la vida útil	Confianza y durabilidad	-	2
	Mantenimiento y reparación más fáciles	2	2
	Estructura modular del producto	-	-
	Diseño clásico	-	-
	Lazos estrechos entre el usuario y el producto	-	-
Optimización del fin de la vida	Reutilización del producto	-	-
	Refabricación	-	-
	Reciclado de materiales	2	2
	piezas marcadas para facilitar reciclaje	-	1
	Incineración más segura	-	-

**Tabla 17. Evaluación de la estrategia de ecodiseño**

**Materiales de bajo impacto:** esto se define desde el análisis de ciclo de vida, por lo cual se presentó anteriormente en este informe.

Estos materiales de bajo impacto se seleccionan comparándolos con el producto actual que utiliza resina de poliéster, se hacen iteraciones en el software SimaPro 7, para identificar materiales que impliquen menores impactos durante su procesamiento.

El material propuesto para el nuevo producto es el ABS, con una condición particular de ser reciclado de otros productos que hayan alcanzado su fin de vida.

**Reducción de materiales:** el producto actual tiene 10 diferentes materiales identificables involucrados, estos son, resina de poliéster, láminas de acrílico

(PMMA), Nylon, tornillos de acero, baterías alcalinas, celdas solares, cables, diodos, conector y resistencias.

El nuevo producto, desde su diseño elimina la necesidad de las carcasas en acrílico, el eje de Nylon, la fijación con tornillos de acero. Mientras tanto reemplaza las baterías alcalinas por baterías recargables de iones de litio. Esto implica que se reduce a 7 materiales involucrados en el producto.

**Disminución del peso del producto:** Esto se relaciona directamente con la reducción del volumen de las carcasas.

El producto actual tiene unas carcasas tipo bloque con cavidades para contener los componentes internos, que representa el 77% del peso del producto con 413 gr. en comparación con el peso total de 538gr.

Mientras que el nuevo diseño posee carcasas tipo cáscara, con venas internas para brindar soporte a los componentes. Así con aproximadamente 68.5 gr solo por las carcasas se alcanza una reducción de 344 gr.

**Mejores técnicas de producción:** El producto actual se construyó mediante una de las técnicas de prototipado rápido más comúnmente utilizadas, el maquinado con fresadora tipo CNC. Esto requiere unas condiciones especiales, como espesores de pared más altos para evitar rompimientos por la vibración propia del proceso. El maquinado con fresa tipo CNC es una técnica de extracción en la que se necesita un bloque del material con dimensiones muy superiores a las del modelo para poder conformarlo.

Para este nuevo producto se utiliza una tecnología que permite la conformación de paredes delgadas, que como se explico previamente, implica reducción en el peso del producto. Se utiliza una técnica aditiva, esto implica que no hay desperdicio de material ya que en su mayoría es reutilizable.

**Reducción del impacto durante el uso:** Esto se logra a través de la implementación de baterías internas recargables, que aseguran una mayor duración reduciendo los desechos generados durante la vida útil del producto.

El producto actual presenta un índice muy bueno en este aspecto, ya que las baterías son la única emisión identificada durante su uso.

**Optimización de la vida útil:** Este aspecto se aplica a la confiabilidad del producto y la durabilidad.

El producto actual tiene un sistema electrónico que le permite recargar baterías AA, AAA y celulares, pero el circuito no está regulado.

Para la nueva propuesta se diseña un circuito regulado que protege las baterías internas de daños por sobrecarga.

**Optimización al final de la vida útil:** En cuanto al fin de ciclo de vida no se hacen mejoras directas en este proyecto.

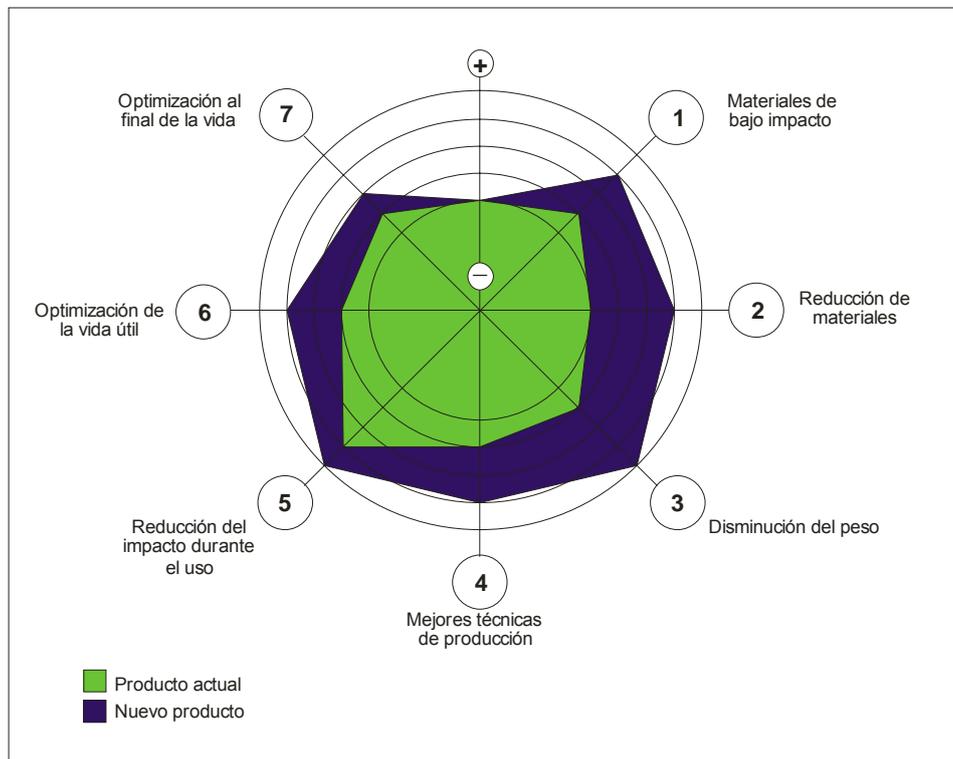
El producto actual está construido con un material difícil de reciclar por ser un termoestable, resina de poliéster, pero está pensado para ser fabricado en ABS + PC, que es comúnmente utilizado para las carcasas de los celulares, aunque es aun más compleja su reutilización ya que requiere la separación de los polímeros.

Para este producto se plantea la utilización de ABS reciclado para la construcción de las carcasas del producto final.

La opción de mejoramiento en este nivel, dentro del alcance del proyecto, es la aplicación de símbolos e indicadores que ayuden a identificar el material con el cual está construido el producto, esto funcionaría para las carcasas.

Adicionalmente en el manual de usuario se agregan normas de tratamiento de los posibles desechos del producto.

A continuación en la Figura 45 se muestra la Rueda LiDS, elemento gráfico de comparación entre los dos estados del producto, actual y nuevo.



**Figura 45. Rueda LiDS**

En la rueda LiDS, se puede ver claramente como en el producto nuevo se aprovechan las debilidades del actual y se convierten en mejoras significativas ambientalmente.

La siguiente parte de la evaluación es el comparativo de las características finales de ambos productos, teniendo en cuenta las debilidades del producto actual (Tabla 1, página 30) las necesidades del cliente potencial (Tabla 2, página 31), y las especificaciones para el diseño (Tabla 3, página 32). Este comparativo se muestra en la Tabla 18.

Criterio	Producto Actual	Nuevo Producto
		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	338	394
Peso (gr.)	520	256
Área de exposición	120 cm <sup>2</sup>	100 cm <sup>2</sup>
Partes a reemplazar	1	1
Indicador de función	1	1
Voltaje (V)	8	9
Corriente (mA/h)	250	650
Baterías internas	no	si
Perdida de energía	37.5%	17%
Cargador de baterías	Externo	Incorporado
Materiales (cantidad)	10	7
Circuito de Control	No	Si

**Tabla 18. Comparación entre el producto actual y el nuevo**

Como se puede ver, el nuevo producto supera las prestaciones del actual, mejorando características como el volumen y el peso del mismo. Con esto se puede dar por terminado el proceso de rediseño del producto en cuanto a la definición de sus características, de aquí en adelante se realizan labores complementarias para dar soporte al nuevo diseño. Estas actividades incluyen el diseño preliminar de una ecoetiqueta, un manual de usuario, el análisis del modelo CAD y la creación de un prototipo físico, así como el diseño de un plan de pruebas de usuario y de producto.

## 2.6. DESARROLLO DE UNA ECOETIQUETA

La ecoetiqueta es una declaración abierta, dirigida al consumidor potencial, de los principales beneficios ambientales que presentan un grupo de productos o servicios. El diseño de una ecoetiqueta es un proceso complejo, ya que no solo implica una imagen gráfica que se plasma en el producto, sino también la definición de una serie de requisitos que deben cumplirse para poder certificar

que los beneficios ambientales sean reales y la forma en que dichos requisitos son evaluados. A continuación se presenta una propuesta de ecoetiqueta para productos con beneficios ambientales relacionados al aprovechamiento de energías alternativas.

El desarrollo de la ecoetiqueta está basado en los conceptos de mercadeo verde, aplicados en este caso al cargador solar SUA, un producto que funciona con energía renovable, energía solar. SUA está diseñado bajo una metodología de diseño sostenible, teniendo los principios de análisis de ciclo de vida, producción de más limpia y ecodiseño desde su concepción, aportando beneficios ambientales como la selección de materiales más amigables con el medio ambiente, disminución de agentes contaminantes y buenas prácticas de manufactura.

La ecoetiqueta Energy Saving está concebida para destacar aquellos productos que promueven la conservación y el uso eficiente de la energía, disminuyendo a su vez las emisiones asociadas con la generación energética

### **2.6.1. IMAGEN GRÁFICA**

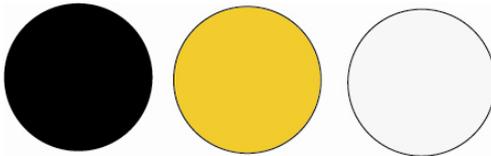
La imagen gráfica de la ecoetiqueta Energy Saving está basada en la iconografía Tairona, Grupo étnico colombiano en el que habitan orfebres, agricultores y pescadores cerca a las costas de la vertiente norte y occidental de la sierra nevada de Santa Marta, quienes explotan la naturaleza de forma controlada, aprovechando los recursos justos para las labores que emprenden para el desarrollo de sus comunidades; La ecoetiqueta está inspirada en las comunidades Tairona y su respeto por el medio ambiente.

Entre su iconografía (Figura 46) encontramos elementos circulares y lineales que simbolizaban la energía proveniente del astro sol y del poder que este concedía a sus dioses para hacer crecer los cultivos.



**Figura 46. Iconografía Tairona, Museo de Oro**

Entre los colores (Figura 47) encontramos los siguientes tonos:



**Figura 47. Colores de la Ecoetiqueta**

- El blanco simboliza la parte limpia y neutral que significa el uso de energía amigables con el medio ambiente,
- El naranja simboliza la carga de energía,
- El negro es la base.

El desarrollo de ecoetiqueta está enfocada a aquellos productos que estén diseñados para el aprovechamiento de energías renovables como: la eólica, la solar, la geotérmica, energía de la biomasa, la mareomotriz y la energía desarrollada con hidrogeno. La ecoetiqueta proporcionara información ambiental sobre el producto, ofreciendo ventajas frente a otros competidores en el mercado nacional e internacional, representa la conciencia ambiental del consumidor (Figura 48).



**Figura 48. Ecoetiqueta**

En el desarrollo de la ecoetiqueta estarían empresas interesadas en participar en la propuesta, como el ministerio del medio ambiente, empresas que trabajan en pro del ambiente, y empresas que desarrollen productos que emplean energías alternativas en su uso.

Para poder adquirir la ecoetiqueta Energy Saving se tendría que demostrar criterios de eficiencia como:

- Aprovechamiento de energías renovables.
- Producto que desarrolle un análisis de ciclo de vida del proyecto y demuestre ventajas sobre su uso.
- Disminución de emisiones ambientales, tanto al agua, aire y suelo.
- No poseer sustancias tóxicas para la manipulación del usuario.
- Utilizar procesos de manufactura eficientes
- Disminuir la utilización de energía eléctrica en cualquiera de las etapas del producto.

### **2.6.2. CATEGORIA**

La ecoetiqueta Energy Saving es del tipo 1 según la clasificación ISO, que consiste en comparar productos dentro la misma categoría, concediendo etiquetas a las que estén ambientalmente comprometidos con su ciclo de vida.

La ecoetiqueta debe estar relacionada con la norma de gestión ambiental ISO 1400, que básicamente define lo siguiente:

- Identificación y control de las consecuencias para el medio ambiente de las actividades, productos o servicios.
- Mejorar su funcionamiento ambiental continuamente.
- Proponer un plan de ejecución donde se fijen objetivos ambientales, alcances y formas de evaluación.

### **2.6.3. ASPECTOS POSITIVOS**

- Permite abrir nuevos mercados a nivel nacional e internacional, logrando llegar a un consumidor que pueda obtener beneficios tanto económicos como ambientales.
- Proporciona un producto ambientalmente coherente con su uso y su entorno.
- Certifica el aprovechamiento de recursos renovables principalmente el uso de energías alternativas.

### **2.7. MANUAL DE USUARIO DEL PRODUCTO**

En esta sección se presenta el manual de uso y funcionamiento para el usuario del cargador solar SUA 2.0, este al igual que los manuales de usuario debe contar con ciertas partes básicas:

Precauciones de seguridad, presentación del producto, modo de uso, especificaciones, recomendaciones, fin del ciclo de vida. En la Figura 49 se presenta el manual de modo terminado para el usuario.

El manual está diseñado para que se puedan imprimir en una hoja A3, dos manuales, el manual está impreso por ambos lados, y plegado en forma de abanico. La cara posterior (especificaciones, recomendaciones, fin de vida y

contacto) es a dos tintas, mientras que la frontal (portada, conociendo, precauciones, funcionamiento) es a todo color.

# SUA 2.0

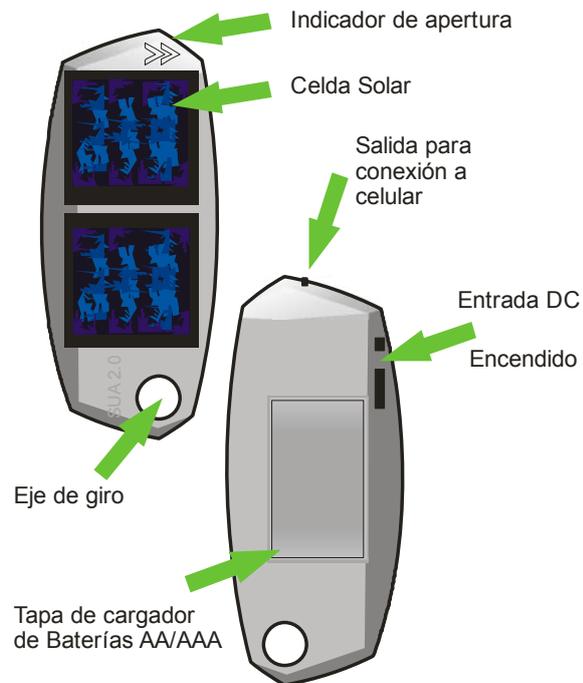
Cargador Solar



## MANUAL DE USUARIO

### Conociendo SUA 2.0

Cargador Solar



### Precauciones de seguridad



#### CONEXIÓN CON DISPOSITIVOS

No conecte el cargador solar SUA 2.0 a productos incompatibles. consulte lista de compatibilidad



#### CARGA DE BATERÍAS

El cargador solar SUA 2.0, carga baterías AA y AAA. Además posee una batería interna que almacena la energía necesaria para una carga durante la noche.



#### SERVICIO TÉCNICO

Por seguridad no abra el cargador solar SUA 2.0 para realizar mantenimientos, contacte personal capacitado.



#### MEJOR FUNCIONAMIENTO

Para lograr el mejor funcionamiento del cargador solar SUA 2.0 dirija las celdas hacia el sol, esto puede requerir ajustes de posición periódicos.

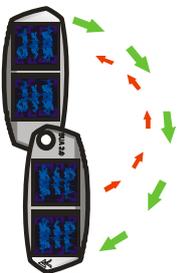


#### TEMPERATURA DE TRABAJO

El mejor funcionamiento del cargador solar SUA 2.0, se logra en temperaturas entre los 25-35°C.

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

### Funcionamiento



Para utilizar el cargador solar SUA 2.0 bajo el sol, sostenga el producto en la palma de su mano con las celdas hacia arriba y deslice el panel frontal en el sentido horario.

Al alcanzar los 180° el panel frontal se detendrá y conectará.



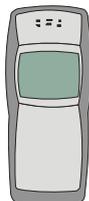
Para recargar baterías AA/ AAA NiCd abra la tapa posterior del cargador solar, e introduzcalas. Encienda el cargador y empezará el proceso de carga.



Para recargar celulares conecte el cable adaptador en la salida, esto cerrará el circuito, encienda el cargador y comenzará el proceso de recarga. es importante que no tenga las Baterías AA/ AAA, porque esto desvía la carga.

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

## Compatibilidad



El Cargador Solar SUA 2.0, es compatible con celulares nokia que utilizan la batería BL-5C.

Nokia 1100, Nokia 1100c, Nokia 1101, Nokia 1108, Nokia 1110, Nokia 1112, Nokia 1255, Nokia 1315, Nokia 1600, Nokia 2112, Nokia 2118, Nokia 2255, Nokia 2272, Nokia 2275, Nokia 2300, Nokia 2300c, Nokia 2310, Nokia 2355, Nokia 2600, Nokia 2610, Nokia 2610b, Nokia 2626, Nokia 3100, Nokia 3105, Nokia 3120, Nokia 3125, Nokia 6030, Nokia 6085, Nokia 6086, Nokia 6108, Nokia 6175i, Nokia 6178i, Nokia 6230, Nokia 6230i, Nokia 6270, Nokia 6600, Nokia 6620, Nokia 6630, Nokia 6631, Nokia 6670, Nokia 6680, Nokia 6681, Nokia 6682, Nokia 6820, Nokia 6822, Nokia 7610, Nokia N70, Nokia N71, Nokia N72, Nokia N91, Nokia E50, Nokia E60.

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

## Especificaciones



El Cargador solar SUA 2.0 funciona transformando la luz solar en energía eléctrica.



La potencia almacenada en la batería interna es de 4.81W (7.4 V a 650mA/h.)

Las celdas entregan 9V a 110mA/h (1W).

Carga un celular en aproximadamente 4 horas



El peso del cargador solar SUA 2.0 es aproximadamente 256 gr. Ocupa un volumen total de 394 cm<sup>3</sup>.

Esta construido en materiales ambientalmente amigables, y esta diseñado desde la filosofía de diseño sostenible.

Las dimensiones del producto son: 161 x 62 x 35 mm.

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

### Recomendaciones útiles



Para obtener el mejor rendimiento del Cargador Solar SUA 2.0, es recomendable orientarlo de tal manera que las celdas solares estén perpendiculares a la posición del sol. Esto puede requerir de cambios periódicos de posición.



Es altamente importante que el Cargador Solar SUA 2.0 este ubicado directamente bajo el sol, las sombras producidas por obstáculos afectan negativamente la eficiencia del producto.



Para una mejor eficiencia en la carga de sus celulares o baterías AA / AAA, es recomendable con servar la batería interna del Cargador Solar SUA 2.0, es su máxima carga, para asegurarse de esto, exponga el cargador al sol periódicamente. Tenga en cuenta que las baterías pierden entre un 5 - 10 % de su carga por mes.

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

### Disposición del producto al Fin de la Vida útil



Al fin del ciclo de vida del Cargador Solar Sua 2.0 **No** lo ponga en la basura junto con los desechos ordinarios, las baterías de iones de litio, requieren una disposición especial. Consulte a las autoridades pertinentes o a la empresa encargada de la recolección de residuos, acerca de los procedimientos adecuados. En Medellín: contactar a Empresas Varias de Medellín.



En el momento de la disposición final del producto, las carcasas del Cargador Solar SUA 2.0, están marcadas para la fácil identificación de los materiales.



En el momento de la disposición final del producto, los componentes electrónicos y las celdas solares del Cargador Solar SUA 2.0, pueden requerir un tratamiento especial por parte de los recolectores de residuos sólidos.

### Contactos

Espacio para información de contacto del distribuidor

**SUA 2.0**  
Cargador Solar

Figura 49. Manual de usuario

### **3. PROTOTIPO**

En esta etapa ya está definido el nuevo producto, ahora se pasa a la construcción de prototipos, uno virtual sobre el que se realizan pruebas de elementos finitos y otro real para las pruebas de usuario y eficiencia.

#### **3.1. PROTOTIPO VIRTUAL**

A partir del modelo CAD creado en el software 2007, se crea un prototipo virtual, esto no implica ningún tipo de cambios en el modelo, solo aplicaciones diferentes en el programa. Una vez se corren simulaciones y análisis, deja de ser un modelo para convertirse en un prototipo.

La aplicación necesaria en este caso es la de análisis de elementos finitos, que permite conocer los puntos del modelo que están sometidos a mayores cargas, esfuerzos y que presentan mayor riesgo de daño durante su uso.

##### **3.1.1. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS**

El análisis de elementos finitos es una metodología de evaluación en la cual el modelo CAD se transforma en una maya de elementos que pueden ser analizados estáticamente. Este proceso permite detectar posibles problemas que se presentan durante la vida útil del producto. Pro Engineer Wildfire ofrece una herramienta para realizar este tipo de análisis de manera rápida y precisa partiendo de una modelación existente (ver Figura 50).

El objetivo es encontrar las zonas de las diferentes carcasas que sometidas a condiciones espaciales presenten esfuerzos que puedan resultar en daños al producto. El análisis realizado se utiliza como herramienta de diagnóstico.



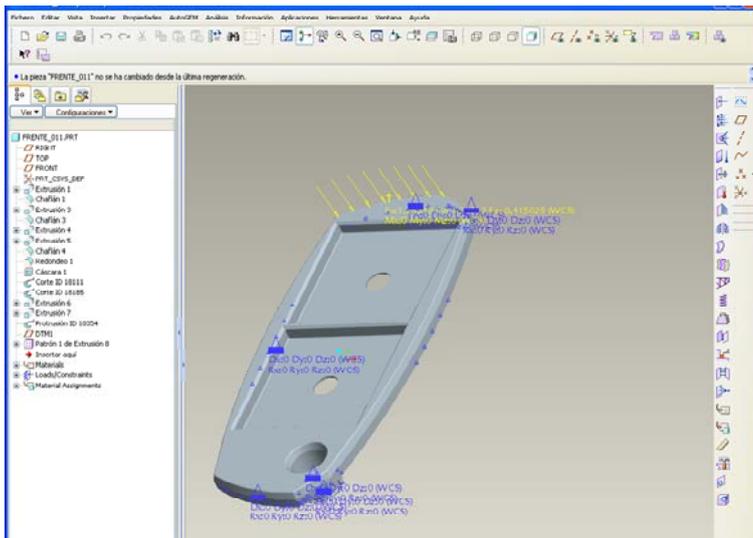
**Figura 50. Modelo existente**

Lo primero es determinar las condiciones a las que va a ser sometido el prototipo virtual, los parámetros de la simulación.

Estas condiciones son:

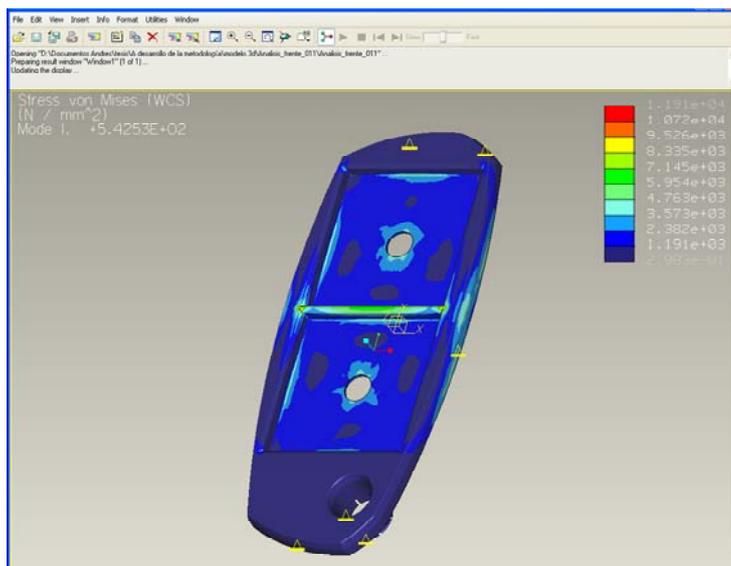
- Restricciones a los movimientos en los ejes X, Y, Z, A, B y C (los primeros son desplazamientos, los segundos son ejes de giro). Estas restricciones se fijan sobre las superficies que hacen contacto con otras carcasas.
- Definición del material, para establecer las propiedades físicas del mismo. Esto implica mayor o menor resistencia, peso del producto. El material utilizado para las pruebas virtuales es el ABS magnum 1040.
- Aplicación de fuerzas a las superficies del modelo, que simularan las condiciones de uso extremo. Teniendo en cuenta la aceleración gravitacional de  $10\text{m/s}^2$  y una masa aproximada de 0.2 Kg. Se aplican fuerzas de 2N que representan una caída de 1m de altura.
- Creación de la malla para el análisis. Esto se hace automáticamente en el software, pero puede implicar una deformación menor en el modelo

Y finalmente se puede correr el análisis. Que entregara los resultados gráficamente y acompañados con una escala, para identificar los lugares donde se presentan los mayores esfuerzos y cuál es su valor. En la Figura 51 se muestra un ejemplo de las restricciones de movilidad y las fuerzas que interactúan con el modelo.



**Figura 51. Modelo 3D con restricción y fuerza aplicada.**

Para este análisis se define el material del modelo, esto implica un modulo de elasticidad y se reflejado en los resultados del análisis (ver Figura 52).



**Figura 52. Representación gráfica de los resultados**

Los resultados gráficos están acompañados de una escala de valores que muestra los esfuerzos máximos que se presentan en la pieza. Este es un proceso iterativo, en el cual se hace un análisis y según los resultados se hacen modificaciones en el modelo, para analizar de nuevo y comparar. A partir de los resultados obtenidos en los diferentes análisis, (ver ANEXO 2. *RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS.*) se puede concluir que:

- Las piezas no tienen problemas de construcción, ya que los análisis se desarrollaron sin problemas,
- Los esfuerzos presentados en las piezas al ser sometidos a cargas similares a una caída desde una altura de 1m, no son lo suficientemente grandes como para dañarlas,
- Se encontró una interferencia en la geometría al ensamblar las carcasas (Figura 53), al ser esta una herramienta de diagnostico esto sirve para solucionar problema oportunamente, antes de fabricar un prototipo real.

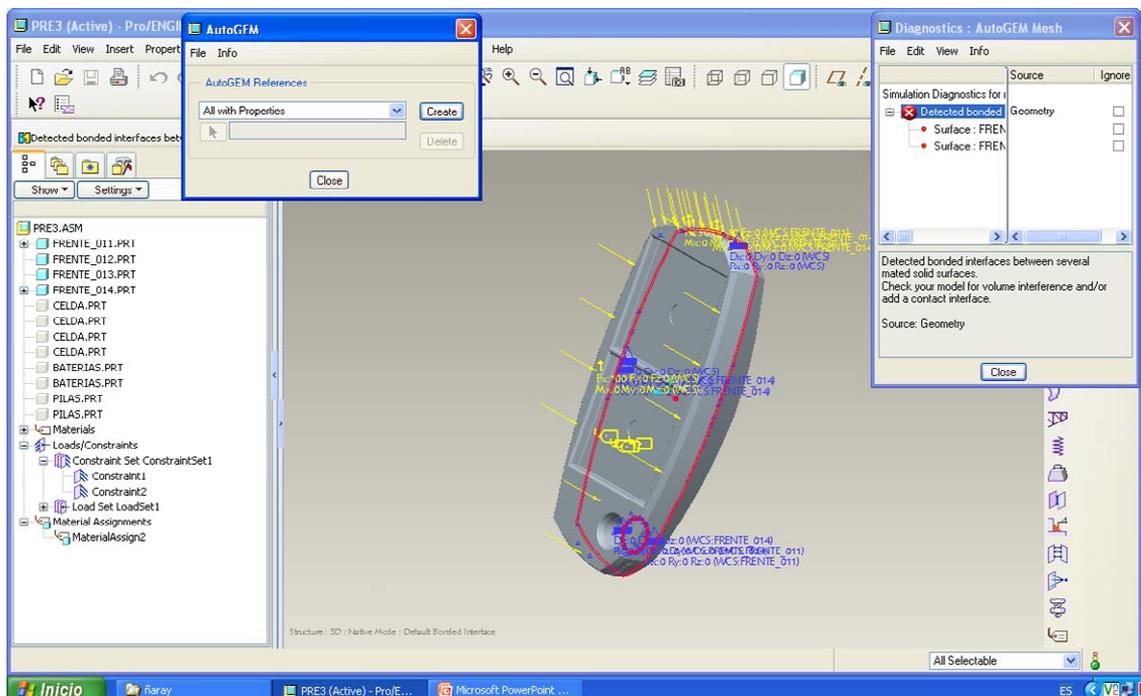


Figura 53. Diagnóstico de un problema de ensamble.

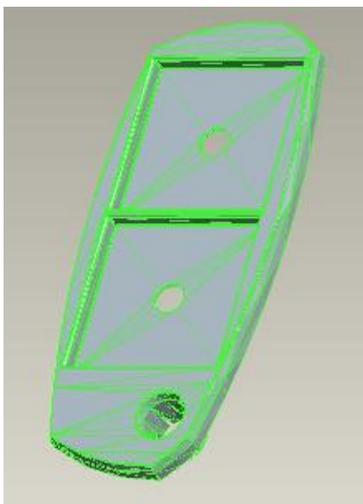
Una vez alcanzado el resultado esperado, se tiene el modelo 3D listo para la construcción del prototipo. En el ANEXO 3 se presentan los planos del modelo definitivo.

### **3.2. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO**

En esta sección se presentan las tecnologías aplicadas para la creación del prototipo físico, que se fabrica a través de técnicas RP (rapid prototyping). Para esto es necesario nuevamente el empleo del modelo CAD, esta vez se crea una copia en forma de malla de tipo STL, que es la que se envía al fabricante.

Para el desarrollo de este paso se contacta vía Internet a un prestador del servicio de RP, al que se le envía el modelo STL y este se encarga del proceso de prototipado. Para esto existen diferentes técnicas, que se adaptan a las necesidades específicas de cada modelo.

En la Figura 54 se presenta una imagen que ilustra el tipo de archivo que se envía al fabricante de los modelos.



**Figura 54. Modelo como archivo STL**

Existen diferentes alternativas para la fabricación del prototipo; según las tecnologías empleadas se obtienen características que definen la función que este debe cumplir, estas pueden ser:

Prototipo conceptual: se fabrica con el fin de evaluar la forma y estética del producto. Se emplea en mercadeo, ergonomía, y para conocer “el sentir del usuario”. Principalmente en materiales blandos como papel, cera, yeso y cartón.

Prototipo de ajuste y ensamble: se fabrica para verificar los ensamblajes y ajustes entre diferentes piezas de un producto. Los principales materiales utilizados son las resinas epoxicas y otros polímeros.

Prototipo funcional: fabricado en materiales más resistentes su principal objetivo es poder operar el producto y comprobar su funcionalidad. Se puede someter a esfuerzos pero teniendo en cuenta que la resistencia es menor que los productos fabricados en un proceso real.

Prototipo experimental: se fabrica en el mismo material en el que se diseña el producto y se opera en las mismas condiciones. Su finalidad es homologar partes y hacer pruebas de usuario finales.

Por otro lado las tecnologías ofrecidas por el prestador del servicio seleccionado, ([www.Xpress3D.com](http://www.Xpress3D.com)) son las siguientes:

SLA (Estereolitografía): Es el proceso con mejor precisión dimensional y acabado superficial, el material es resina de color ámbar translucido.

SLS (Sinterizado láser): Tiene un acabado superficial regular, permite paredes delgadas, el material polimérico principal es el nylon, tiene buena precisión dimensional y la resistencia del material es aproximadamente del 60 al 70% del material en un proceso real, por lo que se usa para prototipos funcionales y experimentales.

FDM (Deposición de hilo fundido): La pieza sale del color del hilo de material, no tiene muy buen acabado superficial pero se puede hacer un post-proceso de acabado. Tiene una buena variedad de materiales disponibles entre ellos el ABS.

Z-Corp (impresión 3D): Acabado regular porque la superficie es porosa, rugosa y granular, se le puede hacer un post-proceso de acabado, tiene precisión dimensional intermedia, pero es un proceso más económico.

PJet (Polyjet): Una resina fotosensible que es curada capa por capa, obteniendo una excelente precisión dimensional y acabado superficial, se pueden obtener paredes delgadas. Tiene la posibilidad de obtener piezas flexibles.

En la Figura 55 se muestra un comparativo de los procesos entregado por Xpress3D.com, donde se puede observar que la tecnología Pjet, ofrece las mejores características combinadas.

Accurate	PJET 1.00	ZCorp 1.00	FDM 1.00	SLA 1.13	SLS 2.00
Feature Detail	PJET 1.00	SLA 1.00	ZCorp 2.00	FDM 2.40	SLS 3.00
Strong	SLS 1.00	FDM 1.40	PJET 2.33	SLA 2.50	ZCorp 3.00
Smooth Surface	PJET 1.00	SLA 1.00	ZCorp 2.00	FDM 3.00	SLS 3.00
Functional Testing	FDM 1.00	SLS 1.00	PJET 1.67	SLA 1.88	ZCorp 3.00
Semi-transparent	PJET Yes	SLA Yes	FDM Yes	SLS No	ZCorp No
Flexible Materials	PJET Yes	SLA Partial	FDM No	SLS No	ZCorp No
Colors	FDM Yes	ZCorp Yes	PJET Yes	SLA No	SLS No
Multiple Colors Within Part	ZCorp Yes	FDM No	PJET No	SLA No	SLS No
<b>SLA</b> Stereolithography		<b>Z Corp 3D Printing</b>		<b>ZCorp</b>	
<b>SLS</b> Selective Laser Sintering		<b>Polyjet</b>		<b>PJET</b>	
<b>FDM</b> Fused Deposition Modeling					

Figura 55. Comparativo de procesos RP

Ajustando el tipo de prototipo a la disponibilidad de procesos, se selecciona un prototipo funcional, que aunque no utiliza el material real, simula sus características.

El único proceso ofrecido en el que se puede utilizar ABS (para las especificaciones del material ver ANEXO 4. **CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL**) es el FDM que no es el mejor en acabado ni en precisión dimensional (muy importante para poder ensamblar), pero si el mejor para las pruebas de funcionalidad (esto debido a que se pueden hacer los prototipos ensamblados desde el proceso) que no es el interés de este proyecto, ya que se necesita agregar los componentes al ensamble.

### 3.2.1. COTIZACIÓN EN LÍNEA

La toma de la decisión pasa también por un problema de costos, es necesario entonces remitirse al fabricante y realizar el proceso de cotización; para esto se crea una cuenta y se cargan los modelos en el formato .STL; en la página de inicio del Xpres3D está la opción de cotizar en línea (Get your instant Price quote now!) que es el punto naranja que se ve en la Figura 56.



Figura 56. Página principal de Xpress3D



Figura 57. Quote - cotización en línea

A continuación se procede a cargar los modelos STL, definir las unidades en las que está modelado y cotizar (ver Figura 57), al seleccionar una tecnología se definen las características que se desean.

La cotización en línea de las cinco carcasas requeridas para el producto varía desde los 324 dólares en el FDM, 483 en PJet, 519 en SLA y 687 en 3D printing. Adicional a esto la cotización muestra una aproximación del plazo de envío.

Teniendo en cuenta las características y los costos cotizados, el proceso seleccionado es el FDM. Los procesos adicionales que se hacen para mejorar su acabado superficial incluyen pulido, masilla y pintura, pero estos servicios no los ofrece el fabricante, por lo cual se hacen una vez recibido el prototipo.

Debido a los plazos establecidos para el proyecto, la construcción del prototipo y su post proceso, no hacen parte de este informe.

### **3.3. PLANTEAMIENTO DE UN PLAN DE PRUEBAS**

Una vez construido el prototipo físico, su principal finalidad es la realización de pruebas de usuario y producto, para determinar las reacciones que tiene el mercado (usuarios potenciales) y conocer las capacidades reales del producto en acción. El objetivo de realizar estas pruebas es determinar si el cargador solar SUA 2.0 está en un estado de desarrollo del producto apto para enfrentarse al mercado.

Las pruebas no se desarrollan en este informe debido a la necesidad de un prototipo real para que el usuario pueda interactuar.

#### **3.3.1. PRUEBAS DE USUARIO**

##### **Objetivo:**

El planteamiento de estas pruebas tiene como objetivo principal conocer las reacciones del usuario frente al producto, medir su agrado y facilidad de entender el manejo.

##### **Instrumentos requeridos:**

Para la ejecución de la prueba se necesitan:

- El prototipo del cargador solar SUA 2.0,
- El manual de usuario,
- Un reloj,
- El cuestionario (que será resuelto por el usuario potencial).

Adicional a esto se requiere un usuario.

### **Características del usuario:**

Hombres y mujeres entre los 15 y 55 años de edad, que realicen algún tipo de actividad al aire libre (preferiblemente ecoturística), que sepa leer, que utilicen aparatos electrónicos portátiles que funcionen con baterías AA/AA o celular NOKIA.

La muestra de población puede ser aleatoria (**no es importante el estrato socio-económico**).

### **Tiempo de la prueba:**

La prueba está diseñada para realizarse en tres horas, de las cuales las primeras dos horas y media son de interacción del usuario con el producto y la restante media hora es para evaluación.

### **Procedimiento:**

La prueba consiste en entregarle al usuario el prototipo del cargador solar SUA 2.0 junto con el manual y pedirle que lo utilice. Una vez el usuario termine de recargar algún producto, bien sea un celular o unas baterías se le pide que evalúe cuantitativamente el cargador según su criterio.

### **Características a evaluar:**

A continuación se presentan las preguntas que se le plantean al usuario potencial.

Califique de uno a cinco (donde cinco es la calificación más alta) los siguientes aspectos del cargados solar SUA 2.0 según su criterio.

- ¿Qué tan fácil fue para usted entender el funcionamiento del producto?
- ¿Le pareció que es una solución práctica para obtener energía?
- ¿Qué tanto sol había en el momento de realizar la prueba?
- ¿Cuánto tiempo le parece que tardó en recargar el producto? (1 si fue mucho tiempo , 5 si fue poco tiempo, puede utilizar valores intermedios)
- ¿Qué tan cómodo le parece el producto?
- ¿Le pareció estéticamente agradable?
- ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a pagar por un producto que le permite obtener energía en casi cualquier lugar? (1 de 0 a 49.999; 2 de 50.000 a 69.999; 3 de 70.000 a 89.999, 4 de 90.000 a 120.000, 5 más de 120.000)
- Finalmente, ¿desea agregar algo a esta evaluación? (y se presenta un espacio para comentarios adicionales)

### **Análisis de resultados**

Después de realizar la prueba en una muestra de población satisfactoria (10 a 20 personas pueden ser suficientes) se tabulan los datos y se saca un promedio.

La prueba será exitosa en la medida en que el promedio de calificación de los usuarios tenga un valor de 4 o más en cada uno de los aspectos. Aquellos criterios que obtengan en promedio una calificación inferior a 4 requerirán de atención especial o rediseño. Los comentarios adicionales ayudan a identificar posibles fortalezas y debilidades del nuevo producto.

### **3.3.2. PRUEBAS DE PRODUCTO**

#### **Objetivo:**

En esta prueba se pretende hacer mediciones más precisas de las prestaciones reales del cargador solar SUA 2.0 determinando:

- Tiempo real de recarga total de un celular NOKIA compatible (que utilice batería BL-5C) en diferentes condiciones de luz solar.
- Tiempo real de recarga total de un par de baterías AA de NiCd de 600mA/h, en diferentes condiciones de luz solar.
- Tiempo de uso del celular NOKIA compatible (que usa batería BL-5C) tras 20 minutos de recarga en condiciones de luz solar intensa.

#### **Instrumentos requeridos:**

Para la ejecución de las pruebas se necesitan los siguientes implementos:

- El prototipo del cargador solar SUA 2.0
- Celular Nokia compatible (que utilice la batería BL-5C)
- Baterías AA de NiCd de 600mA/h
- Reloj
- Formato de registro de datos.

#### **Procedimientos:**

##### ***Prueba 1***

Tiempo de uso del celular NOKIA compatible tras 20 minutos de recarga en condiciones de Luz solar intensa.

Paso 1: Se toma el celular NOKIA compatible descargado (el estado de descarga necesario para la prueba es cuando el celular se apaga por falta de batería). Y se conecta al cargador solar SUA 2.0.

Paso 2: Se alista el reloj. Se abre el cargador solar SUA 2.0 y se ubica en dirección al sol.

Paso 3: Tras 20 minutos de recarga, se desconecta el equipo y se enciende.

Paso 4: Para poner a prueba el estado de carga, se realiza una llamada y se espera hasta que el celular se descargue completamente. Se debe tomar la duración de la llamada.

Paso 5: Se repiten los pasos del 1 al 3

Paso 6: Se enciende el celular y se deja en estado de espera, se toma el tiempo que tarde en apagarse nuevamente por falta de batería.

Esta prueba se puede hacer una única vez, o se puede hacer en diferentes condiciones de luz solar.

### **Resultado esperado:**

Se obtiene el conocimiento del tiempo que puede durar el celular en uso en los estados de espera y llamado tras 20 minutos de recarga. Esto es un elemento que sirve para promocionar el cargador solar SUA 2.0.

### ***Prueba 2***

Tiempo real de recarga total de un celular NOKIA compatible (que utilice batería BL-5C) en diferentes condiciones de luz solar.

Paso 1: Se toma el celular NOKIA compatible descargado (el estado de descarga necesario para la prueba es cuando el celular se apaga por falta de batería). Y se conecta al cargador solar SUA 2.0.

Paso 2: Se alista el reloj. Se abre el cargador solar SUA 2.0, se ubica en dirección al sol y se toma la hora.

Paso 3: Una vez el celular presenta la señal de aviso que está totalmente cargado se toma nuevamente la hora y se determina cuanto tiempo tomo cargar el celular. Se registra esta medida.

Se repiten los pasos del 1 al 3 con diferentes condiciones de luz solar.

### **Resultado esperado:**

Se obtiene el conocimiento del tiempo que tarda el celular en alcanzar un estado de recarga completa. Esto es un elemento que sirve para promocionar el cargador solar SUA 2.0. El resultado deseado de la prueba debe ser un tiempo menor a 4 horas.

### ***Prueba 3***

Tiempo real de recarga total de un par de baterías AA de NiCd de 600mA/h, en diferentes condiciones de luz solar.

Paso 1: Se toman las baterías AA de NiCd de 600mA/h. se conectan en el dispositivo para baterías del cargador solar SUA 2.0.

Paso 2: Se alista el reloj. Se abre el cargador solar SUA 2.0, se ubica en dirección al sol y se toma la hora.

Paso 3: Periódicamente se hace una medición del estado de carga de las baterías, cuando estén totalmente cargadas se toma nuevamente la hora y se determina cuanto tiempo se tomo la recarga. Se registra esta medida.

Se repiten los pasos del 1 al 3 con diferentes condiciones de luz solar.

#### **Resultado esperado:**

Se obtiene el conocimiento del tiempo que tardan las baterías AA en alcanzar un estado de recarga completa. Esto es un elemento que sirve para promocionar el cargador solar SUA 2.0. El resultado deseado de la prueba debe ser un tiempo menor a 2 horas

#### **Análisis de resultados:**

Para el análisis de los resultados de las pruebas de eficiencia se toma en cuenta el tiempo deseado en condiciones de luz solar intensa. Si el cargador solar no lo cumple con este tiempo proyectado, será necesaria una optimización del sistema electrónico. En caso de alcanzar los tiempos deseados, es necesario esperar los resultados de las pruebas con usuarios.

### **3.3.3. CONCLUSIÓN**

Con la realización de estas cuatro pruebas se puede tener una mayor claridad del estado del cargador solar SUA 2.0 en cuanto a la capacidad de salir al mercado, que finalmente es el objetivo para el cual se diseñan todos los productos.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La aplicación de una metodología que se complementa buscando un balance entre la funcionalidad del producto, una estética coherente y la responsabilidad ambiental desde el diseño, ofrece la posibilidad de alcanzar como resultado un producto muy completo que está en condiciones de ser evaluado para determinar las posibilidades reales de ser lanzado al mercado.
- El conocimiento de la competencia es un factor determinante a la hora de definir los requerimientos del producto que está siendo objeto del proceso de rediseño, ya que se establecen los límites dentro de los cuales el nuevo producto debe estar o las prestaciones mínimas que debe entregar.
- En el proceso de desarrollo electrónico del cargador se logra la incorporación de una batería interna que permite al producto funcionar adecuadamente en condiciones desfavorables de luz solar y asegurar la compatibilidad con otros productos electrónicos. Esto aumenta la confianza que se puede generar en los usuarios potenciales.
- A través de la utilización de herramientas para el diseño y análisis del producto se obtienen mejoras significativas en cuanto al desarrollo de detalles y reducción de impactos ambientales que finalmente se convierten en valores agregados.
- El diseño del plan de pruebas no necesita ser muy extenso en esta etapa, ya que solo se está tratando de determinar el estado de desarrollo. Sin embargo ofrecer información valiosa a la hora de un posible lanzamiento del producto al mercado. La ejecución de las

pruebas propuestas determina si el producto está listo o requiere atención especial en algunas áreas.

- La disponibilidad de tecnología solar fotovoltaica limita el desarrollo funcional del producto. Para obtener mayores prestaciones en cuanto a la transformación de energía es posible buscar en mercados internacionales distribuidores de componentes que permitan aumentar las características de eficiencia del cargador solar.
- A partir de la rueda LiDS se identifica la necesidad de mejorar el fin de ciclo de vida del producto aplicando estrategias de diseño sostenible que refuercen las empleadas en este proyecto.
- Los elementos que presentan un considerable impacto ambiental son las celdas fotovoltaicas y el sistema eléctrico, esto debido a la cantidad de materiales y procesos que se necesitan, es recomendable estar a la vanguardia de la tecnología para obtener una mayor eficiencia como una mejor relación con el medio ambiente.
- El análisis de ciclo de vida permitió desarrollar una búsqueda de material para reemplazar el acrílico, la resina y el acrílico en un solo material en este caso el ABS, donde sus características bajarán el impacto ambiental y los procesos de manufactura.
- La eficiencia del cargador solar depende en gran medida de la cantidad de sol que se tenga. Esto puede no afectar considerablemente el voltaje, pero si la corriente entregada.
- La inclinación de las celdas en dirección al sol, está directamente relacionada con la eficiencia alcanzada. Se puede perder entre un 5 y 10% de energía si no se direcciona correctamente.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Manual de energía solar fotovoltaica para zonas rurales andinas. Ing. Carlos Orbegozo reto. Green Energy consultoría y servicios SLU. 2005
- Michael Braungart y William McDonough, *Cradle to cradle*, Mc Graw Hill, 2005, España
- Helen Lewis y John Gertsakis, *design+environment a global guide to designing greener goods*, Greeleaf Publishing 2001, Inglaterra.
- Ottman, Jacquelyn, *Green Marketing*, NTC Bussiness Books, 1995, *United States of America*
- Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos, Enfoque interdisciplinario*, Mc Graw Hill, 2004 tercera edición, México
- Mikell P. Groover, *Fundamentos de Manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas*. Prentice Hall, 1997 México.
- Chris Lefteri, *Plástico, materiales para un diseño creativo*, Mc Graw Hill, 2002 México
- Software para el análisis de ciclo de vida SIMA PRO 7,1,
- Software diseño cad PRO-Engineer 3.0
- Metodología de ecodiseño para Centroamérica. TUDELF.
- Material de clase Prototipaje Rápido,

Páginas de internet:

- [http://www.2objet-es.com/Connex\\_brochure\\_spanish.pdf](http://www.2objet-es.com/Connex_brochure_spanish.pdf)
- [www.solio.com](http://www.solio.com) consultado 6 de marzo de 2008
- <http://www.terremoto.net/x/archivos/000007.html> consultado abril 18 de 2008
- [www.xpress3d.com](http://www.xpress3d.com)
- <http://intl.stratasys.com/>
- <http://www.celdassolaresflexibles.com/index.php>
- <http://www.morpheo.net/2007/08/page/2/>

- <http://www.m-base.de/portal/index.php#loadPage0>

#### ECOSELLO

- <http://www.gen.gr.jp/eco.html>
- [http://www.banrep.org/museo/esp/s\\_tai01.htm](http://www.banrep.org/museo/esp/s_tai01.htm)
- [http://www.iisd.org/trade/handbook/5\\_4\\_1.htm](http://www.iisd.org/trade/handbook/5_4_1.htm)
- [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/management\\_standards/iso\\_9000\\_iso\\_14000/iso\\_14000\\_essentials.htm](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/management_standards/iso_9000_iso_14000/iso_14000_essentials.htm)<sup>ii</sup>

#### ANALISIS DE CICLO DE VIDA

- <http://www.ecn.nl/publicaties/default.aspx?au=44649>
- <http://howproductsimpact.net/>
- <http://www.earthhour.org/>
- <http://www.wupperinst.org/en/home/index.html>
- <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tend.pdf>
- [http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2\\_final.asp?idinforme=64](http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2_final.asp?idinforme=64)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. ANALISIS DE CICLO DE VIDA

En este anexo se presentan las tablas que contienen toda la información obtenida a lo largo del análisis de ciclo de vida realizado en el capítulo 2.4 de este informe. A partir de estas tablas surgen todos los resultados que se exponen en la sección antes mencionada.

SUSTANCIA	Acrílico			Resina			Nylon			Sistema eléctrico			Celda solar			Batería		
	Carga kg	Peso Acrílico kg	PIA ACRILICO	Carga kg	Peso Resina kg	PIA RESINA	Carga kg	Peso Nylon Kg	PIA NYLON	Carga kg	Peso Sist. Elec	PIA SIST. ELEC	Carga kg	Peso celda solar	PIA CELDA SOLAR	Carga kg	Peso Baterías kg	PIA BATERIA
	Total	0,075		Total	0,338		Total	0,0033		Total	0,013		Total	0,104		Total	0,006	
Baryte, in ground	0,000075	5,63E-06	0,000	0,0000191	6,46E-06	0,000	8,93E-06	2,95E-08	0,000	0,0303	3,94E-04	0,020	0,00196	2,04E-04	0,010	5,22E-06	3,13E-08	0,000
Bauxite, in ground	0,000073	5,48E-05	0,003	5,15E-06	1,74E-06	0,000	0,00384	1,27E-05	0,001	0,0146	1,90E-04	0,009	0,0048	4,99E-04	0,025	0,00266	1,60E-05	0,001
Clay, bentonite, in ground	0,000002	1,50E-07	0,000	5,38E-06	1,82E-06	0,000	0,000117	3,86E-07	0,000	0,0085	1,11E-04	0,000	0,00166	1,73E-04	0,000	1,98E-06	1,19E-08	0,000
Energy	6570	4,93E+02	5,420	1,68	5,68E-01	0,006	142331,85	4,70E+02	5,167	155809	2,03E+03	22,281	7080000	7,36E+05	8099,520	488,09	2,93E+00	0,032
Iron, in ground	0,000057	4,28E-05	0,003	0,000151	5,10E-05	0,003	0,000901	2,97E-06	0,000	0,244	3,17E-03	0,190	0,0239	2,49E-03	0,149	0,00552	3,31E-05	0,002
Sodium chloride, in ground	0,034	2,55E-03	0,153	8,12E-12	2,74E-12	0,000	0,0723	2,39E-04	0,014	0,473	6,15E-03	0,369	0,537	5,58E-02	3,351	0,00137	8,22E-06	0,000
AGOTAMIENTO RECURSOS			5,579			0,010			5,182			22,869			8103,05538			0,0354939
Carbon dioxide	5,6	4,20E-01	8,400	0,521	1,76E-01	3,522	6,87	2,27E-02	0,453	139	1,81E+00	36,140	5,34	5,55E-01	11,10720	0,0681	4,09E-04	0,0081720
Methane	0,024	1,80E-03	0,792	0,000167	5,64E-05	0,025	0,024	7,92E-05	0,035	0,332	4,32E-03	1,899	0,0117	1,22E-03	0,53539	0,0000601	3,61E-07	0,0001587
CALENTAMIENTO GLOBAL			9,192			3,547			0,488			38,039			11,64259			0,0083307
Carbon monoxide	2,399	1,80E-01	3,419	0,0000406	1,37E-05	0,000	0,00396	1,31E-05	0,000	0,0723	9,40E-04	0,018	0,00236	2,45E-04	0,00466	0,000284	1,70E-06	0,0000324
NIEBLA FOTOQUIMICA			3,419			0,000			0,000			0,018			0,00466			0,0000324
COD, Chemical Oxygen Demand	0,0015	1,13E-04	0,170	0,00319	1,08E-03	1,627	0,0149	4,92E-05	0,074	0,424	5,51E-03	8,318	0,0000535	5,56E-06	0,00840	0,000488	2,93E-06	0,0044184
Nitrogen oxides	0,022	1,65E-03	11,319	0,00138	4,66E-04	3,200	0,026	8,58E-05	0,589	0,586	7,62E-03	52,259	0,0125	1,30E-03	8,91800	0,000223	1,34E-06	0,0091787
Iron	0,000002	1,50E-07	0,000	0,0000082	2,77E-06	0,003	1,61E-06	5,31E-09	0,000	0,0131	1,70E-04	0,187	0,0034	3,54E-04	0,38896	3,29E-06	1,97E-08	0,0000217
EUTROFICACION			11,489			4,830			0,663			60,764			9,31536			0,0136187
Sulfur oxides	0,029	2,18E-03	3,067	0,000132	4,46E-05	0,063	0,0251	8,28E-05	0,117	0,163	2,12E-03	2,988	0,0367	3,82E-03	5,38169	0,000104	6,24E-07	0,0008798
Chloride	0,01	7,50E-04	0,045	0,000198	6,69E-05	0,004	7,29E-06	2,41E-08	0,000	0,372	4,84E-03	0,290	0,168	1,75E-02	1,04832	0,000504	3,02E-06	0,0001814
Hydrogen chloride	0,000091	6,83E-06	0,084	6,97E-06	2,36E-06	0,029	0,000294	9,70E-07	0,012	0,0119	1,55E-04	1,915	0,00108	1,12E-04	1,39052	2,29E-06	1,37E-08	0,0001701
ACIDIFICACION			3,196			0,096			0,129			5,193			7,82053			0,0012314
		PIA ACRILICO	32,875		PIA RESINA	8,483		PIA NYLON	6,462		PIA SISTEMA ELECTRICO	126,884		PIA CELDA SOLAR	8131,839		PIA BATERIAS	0,0587071

**Inventarios y puntos de impacto ambiental del producto actual**

SUSTANCIA	ABS			CELIDAS FOTOVOLTAICAS POLICRISTALINAS			SISTEMA ELECTRICO			BATERIA L	
	Carga kg	Peso Acrilico kg	PIA ABS	Carga kg	Peso celda kg	PIA CFM	Carga kg	Peso Sist. Elec	PIA SISTEMA ELECTRICO	Carga kg	Peso Baterias kg
	Total	0,06846		Total	0,045		Total	0,006		Total	
Baryte, in ground	1,61E-06	1,10E-07	0,000	0,00155	6,98E-05	0,003	0,0303	1,82E-04	0,009	3,22E-06	1,0
Bauxite, in ground	0,000601	4,11E-05	0,002	0,00404	1,82E-04	0,009	0,0146	8,76E-05	0,004	0,00475	1,5
Clay, bentonite, in ground	0,000199	1,36E-05	0,000	0,00128	5,76E-05	0,000	0,0085	5,10E-05	0,000	1,57E-06	5,1
Energy kj	94980,381	6,50E+03	71,526	67765	3,05E+03	33,544	155809	9,35E+02	10,283	617,88	2,0
Iron, in ground	0,000894	6,12E-05	0,004	0,0196	8,82E-04	0,053	0,244	1,46E-03	0,088	0,00543	1,7
Sodium chloride, in ground	0,00622	4,26E-04	0,026	0,499	2,25E-02	1,347	0,473	2,84E-03	0,170	0,00053	1,7
		AGOTAMIENTO RECURSOS		71,557	AGOTAMIENTO RECURSOS		34,957	AGOTAMIENTO RECURSOS		10,555	AGOTAMIENTO RECU
Carbon dioxide	3,14	2,15E-01	4,299	4,14	1,86E-01	3,726	139	8,34E-01	16,680	0,177	5,8
Methane	0,0102	6,98E-04	0,307	0,0094	4,23E-04	0,186	0,332	1,99E-03	0,876	0,0000346	1,1
		CALENTAMIENTO GLOBAL		4,607	CALENTAMIENTO GLOBAL		3,912	CALENTAMIENTO GLOBAL		17,556	CALENTAMIENTO GLC
Carbon monoxide	0,00382	2,62E-04	0,005	0,00197	8,87E-05	0,002	0,0723	4,34E-04	0,008	0,000312	1,0
		NIEBLA FOTOQUIMICA		0,005	NIEBLA FOTOQUIMICA		0,002	NIEBLA FOTOQUIMICA		0,008	NIEBLA FOTOQUIMIG
COD, Chemical Oxygen Demanc	0,00219	1,50E-04	0,226	0,0000436	1,96E-06	0,003	0,424	2,54E-03	3,839	0,000484	1,6
Nitrogen oxides	0,0113	7,74E-04	5,307	0,0102	4,59E-04	3,149	0,586	3,52E-03	24,120	0,000196	6,4
Iron	1,62E-07	1,11E-08	0,000	0,0000405	1,82E-06	0,002	0,0131	7,86E-05	0,086	3,09E-06	1,0
		EUTROFICACION		5,533	EUTROFICACION		3,154	EUTROFICACION		28,045	EUTROFICACION
Sulfur oxides	0,0102	6,98E-04	0,985	0,0293	1,32E-03	1,859	0,163	9,78E-04	1,379	0,000514	1,7
Hydrogen chloride	0,0703	4,81E-03	59,582	0,000847	3,81E-05	0,472	0,0119	7,14E-05	0,884	1,82E-06	6,0
Chloride	0,0045	3,08E-04	0,018	0,145	6,53E-03	0,392	0,372	2,23E-03	0,134	0,000468	1,5
		ACIDIFICACION		60,585	ACIDIFICACION		2,722	ACIDIFICACION		2,397	ACIDIFICACION
		TOTAL PIA ABS		284,573	TOTAL PIA CFP		44,747	TOTAL PIA SIST. ELECT.		58,562	TOTAL PIA BAT LI-

### Inventarios y puntos de impacto ambiental del nuevo producto

## LISTA DE PUNTOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Lista utilizada para calcular los puntos de impacto ambiental suministrada por el grupo de investigación ambiental UPB (Carlos naranjo)

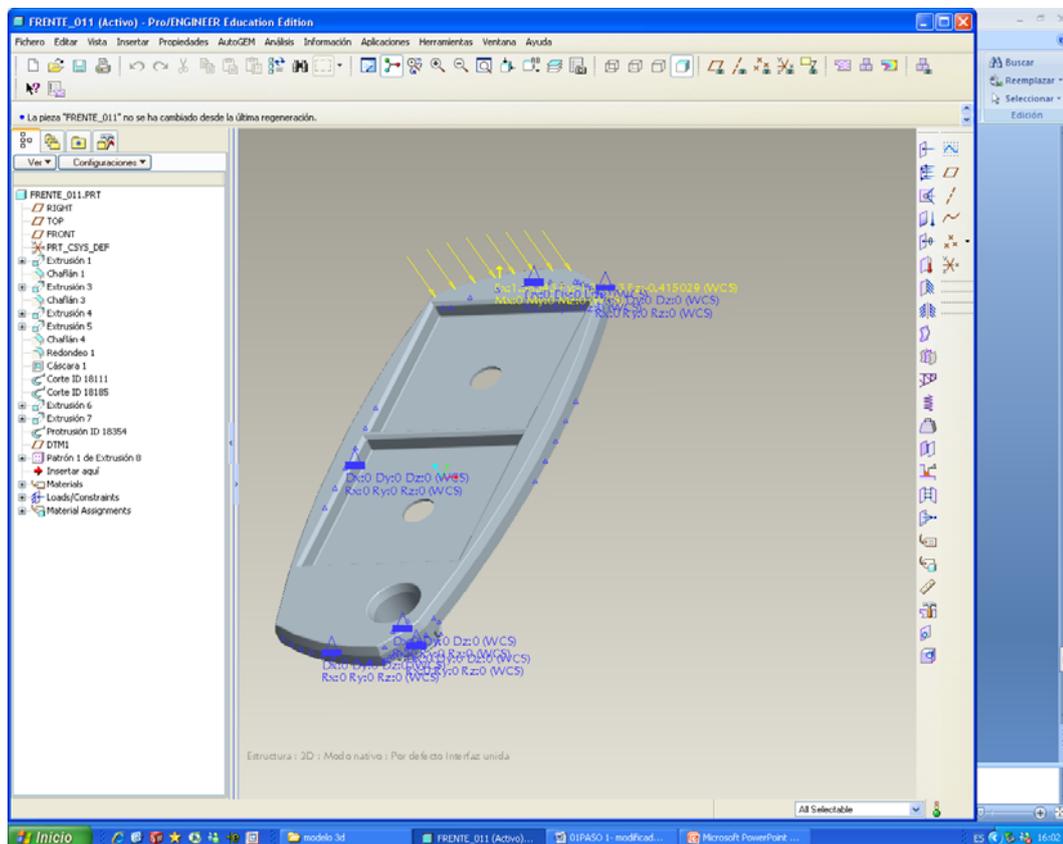
<i>SUSTANCIA</i>	<i>GR</i>	<i>IMPACTO AMBIENTAL</i>	
Baryte, in ground	0,05	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Bauxite, in ground	0,05	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Clay, bentonite, in ground	0,0012	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Energy	0,011	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Iron, in ground	0,06	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Sodium chloride, in ground	0,06	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Water	0,05	AGOTAMIENTO RECURSOS	
Carbon dioxide	2,00E-02	GWP	AIRE
Methane	0,44	GWP	AIRE
Carbon monoxide	0,019	NIEBLA FOTOQUIMICA	AIRE
COD, Chemical Oxygen Deman	1,509	EUTROFICACION	AGUA
Nitrogen oxides	6,86E+00	EUTROFICACION	AGUA
Iron	1,1	EUTROFICACION	AIRE
Sulfur oxides	1,41E+00	ACIDIFICACION	AIRE
Chloride	0,06	ACIDIFICACION	AIRE
Hydrogen chloride	12,38	ACIDIFICACION	AIRE

GWP= Calentamiento Global

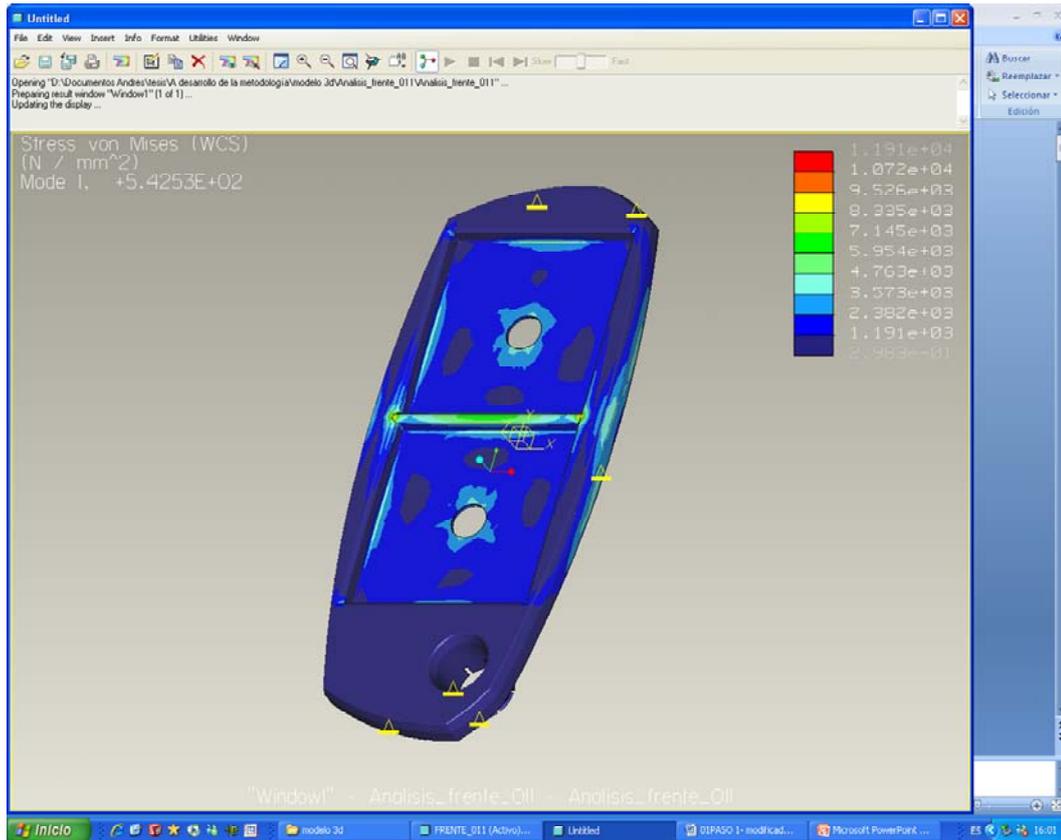
## ANEXO 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

En este anexo se presentan los resultados gráficos que entrega el software y los análisis de estos resultados que permiten obtener las conclusiones que se presentan en el ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS.

En la siguiente figura se pueden ver las restricciones aplicadas al frente\_011, una fuerza de 2N aplicada en la dirección de X: 1, Y: -1 Z: -0.3 el movimiento de la pieza se limita en la superficie de contacto con el frente\_014 que forma el eje, y en las superficies que hacen contacto con el frente\_012.

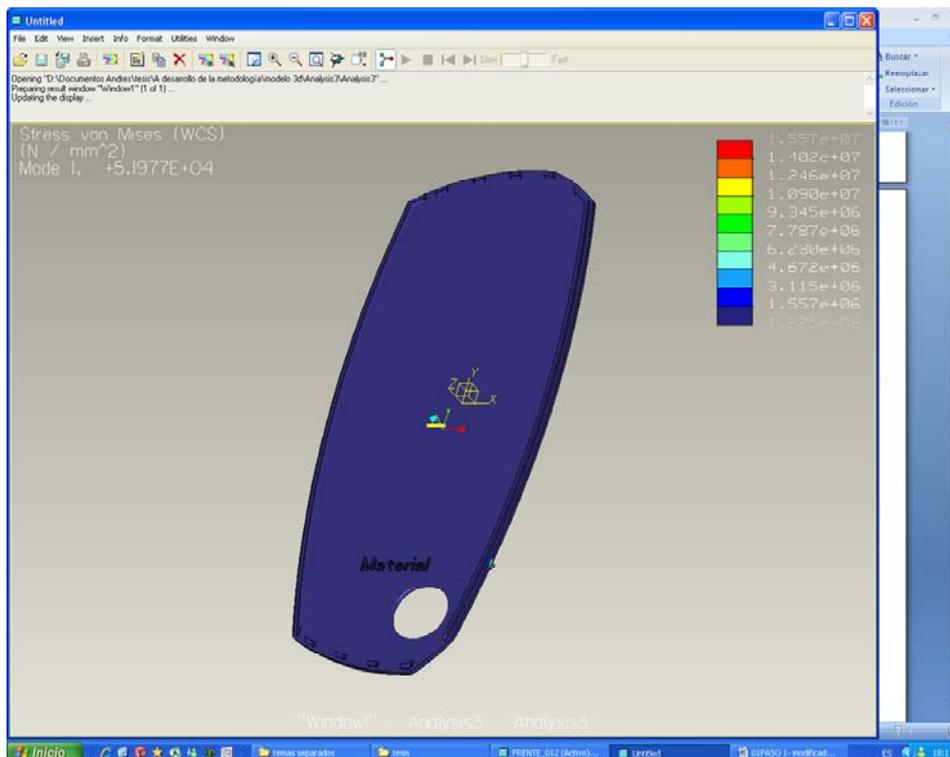
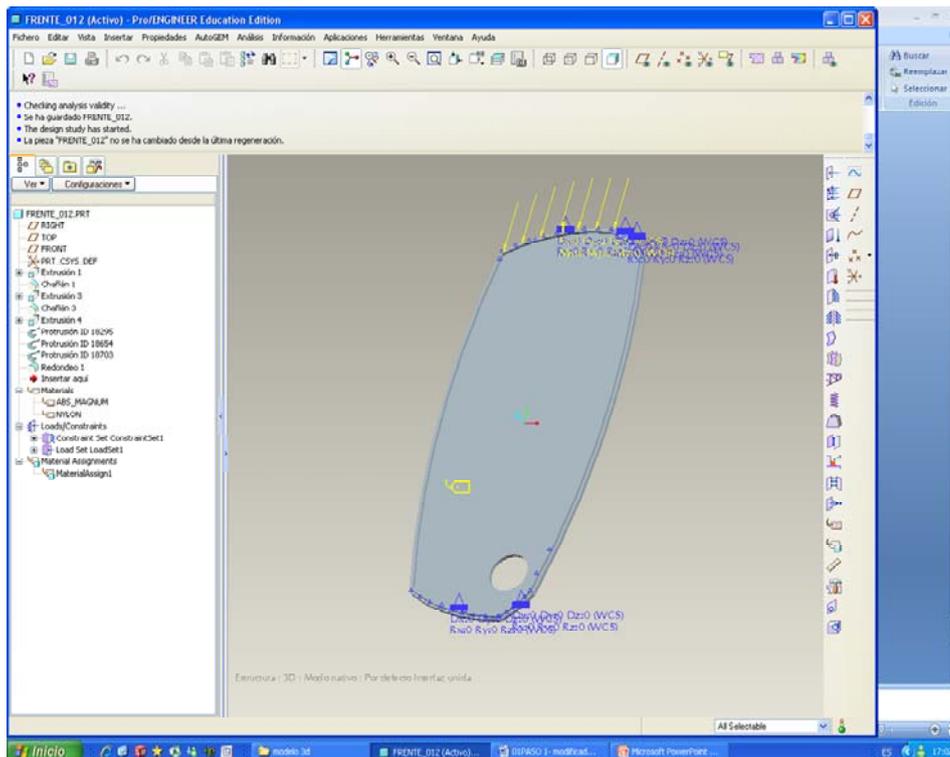


Los resultados gráficos muestran el mayor esfuerzo en de  $1.072 \text{ N/mm}^2$ , cuando la resistencia a la tensión del material es de  $1900 \text{ N/mm}^2$ . Esto indica que la carcasa podría soportar una caída de 1m de altura sin sufrir daños graves.



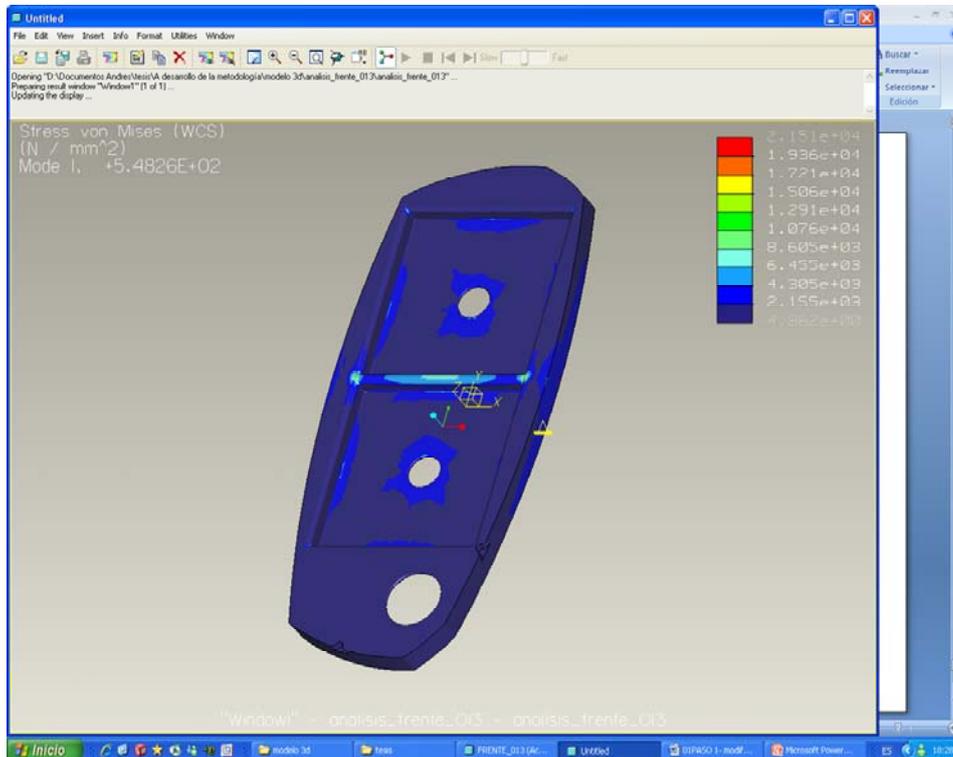
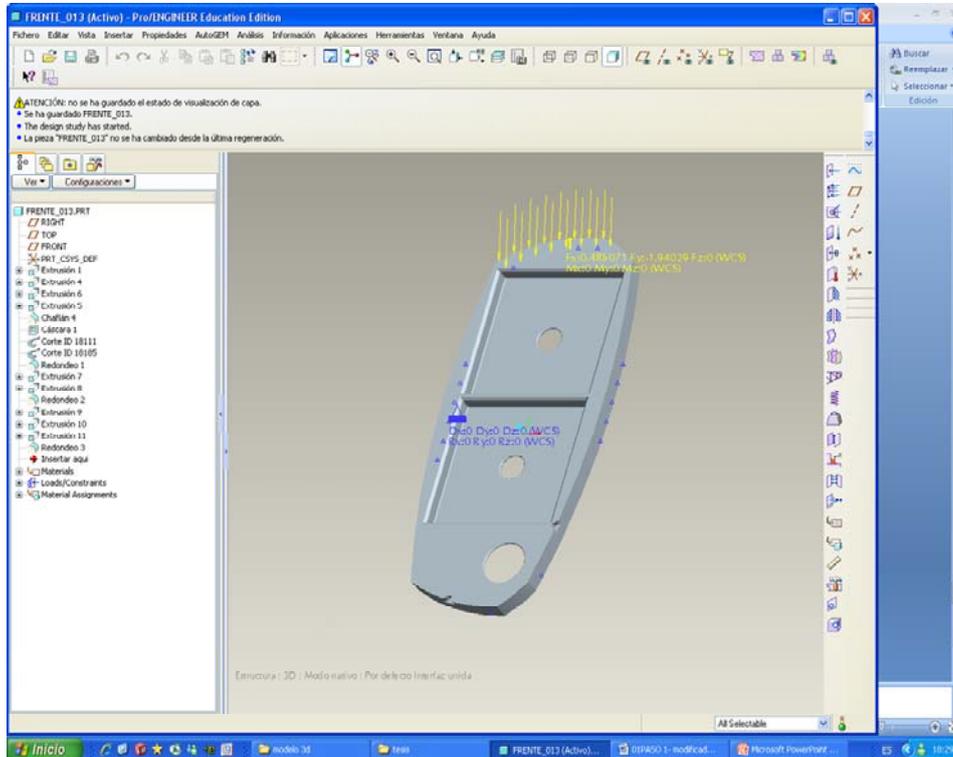
A continuación se presenta una serie de imágenes que muestran los análisis realizados en las diferentes piezas.

Los análisis realizados sobre el modelo de la pieza Frente\_012, prestan una fuerza de 2N aplicada en la dirección negativa de Y, lo que representa una caída de 1m que impacta verticalmente en la parte superior de la carcasa. El mayor esfuerzo dentro de la pieza se presenta en la vena que sirve para alinear las carcasas Frente\_011 y frente\_012. El único punto de la geometría que presenta esfuerzos grandes y potencialmente peligrosos es el pin que limita el movimiento de giro.

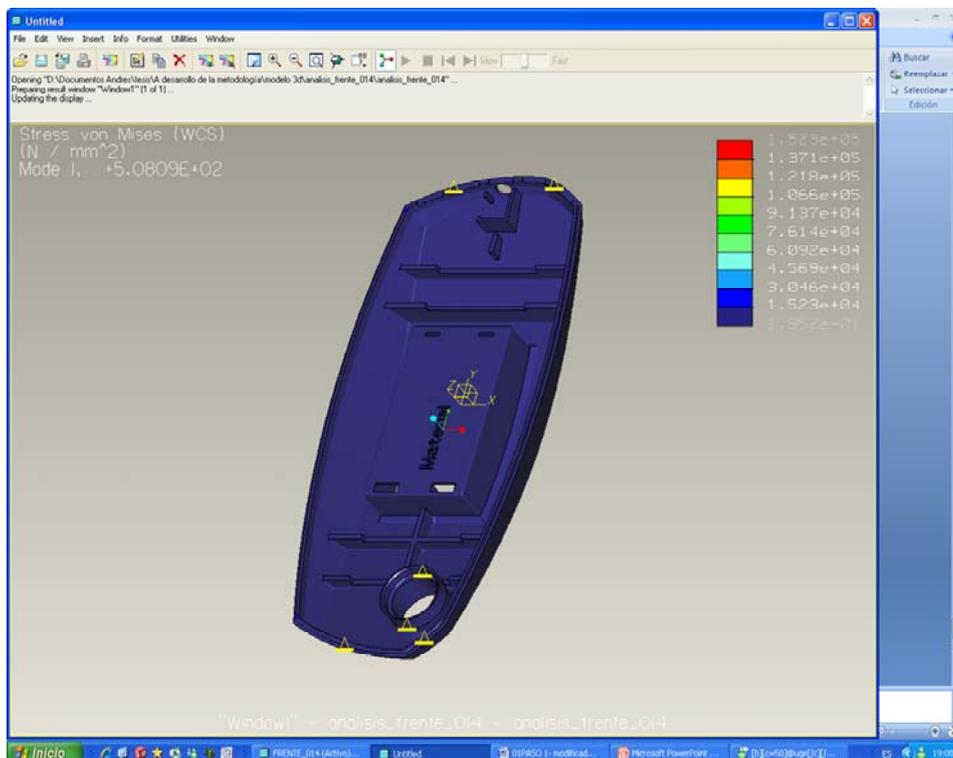
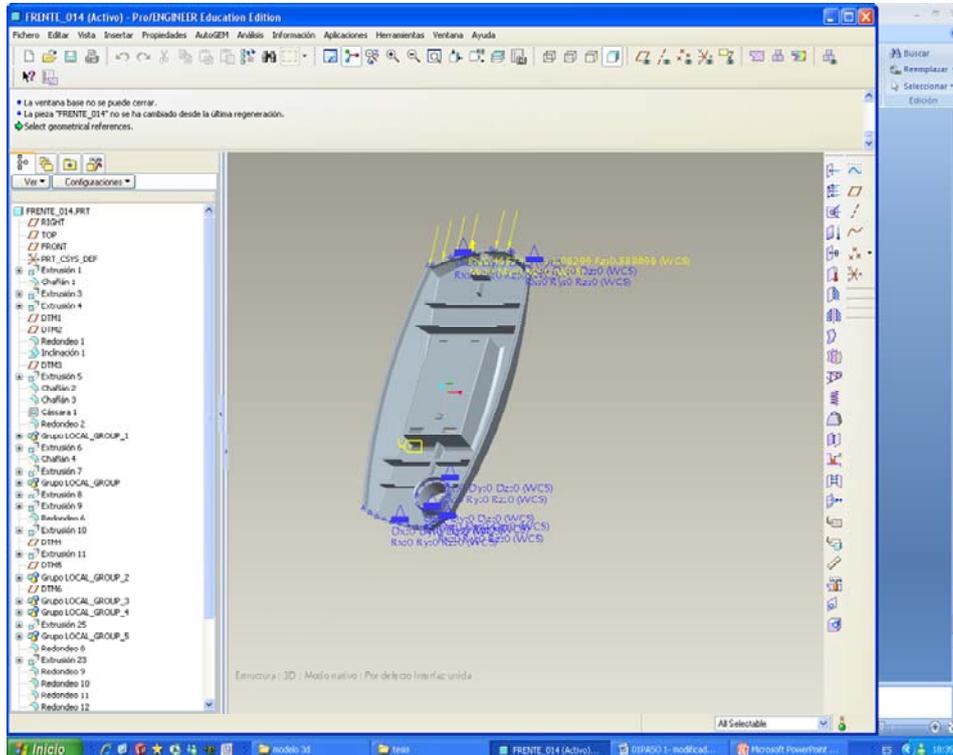


Para el frente\_013 se presentan condiciones similares a las de las pruebas anteriores. Y los resultados siguen estando dentro de los límites aceptables

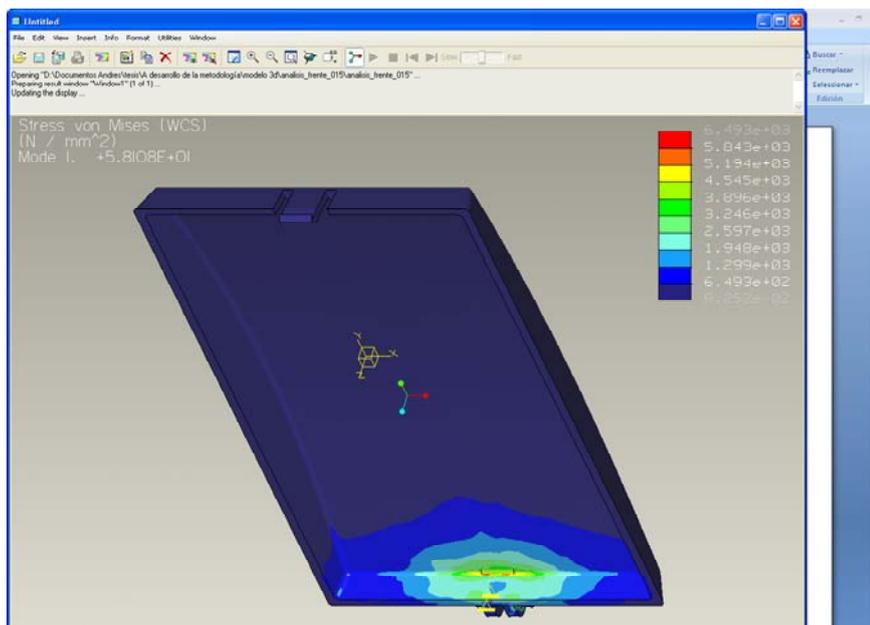
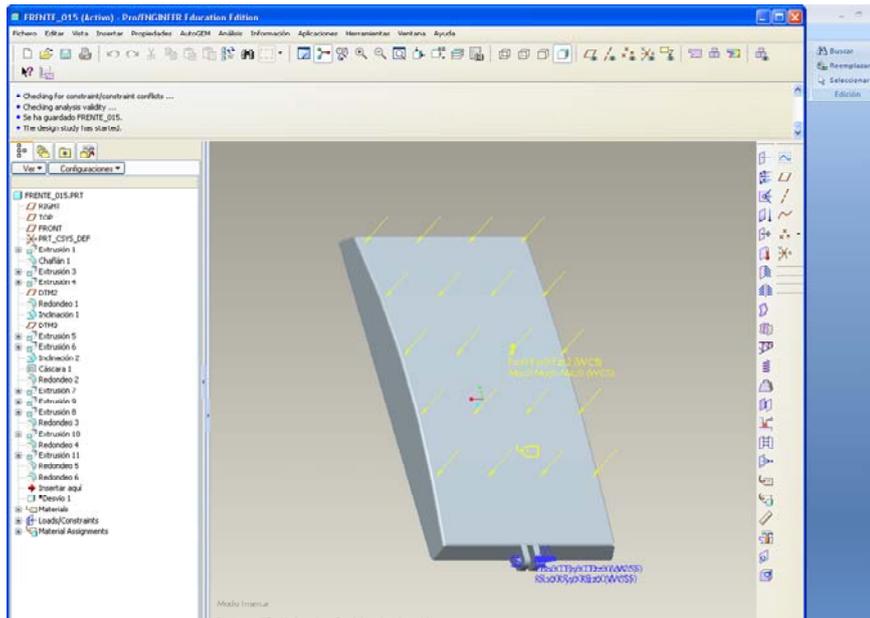
de esfuerzo presentado en el modelo. El esfuerzo máximo es igual a  $1.721 \text{ N/mm}^2$ .



A pesar de ser la pieza más compleja, el frente\_014 es la que menos puntos de esfuerzo presenta, los esfuerzos se concentran en los ángulos de las ajustes entre la carcasa frente\_014 y frente\_013.



El frente\_015, tapa del cargador de baterías AA / AAA, presenta una característica particular, y es la restricción de movimiento, que solo se da en el eje en cual se una a la carcasa frente\_014. En este punto se genera un esfuerzo mayor, así que esta será junto con el pin que limita el movimiento, las zonas más sensibles del producto.



### ANEXO 3. PLANOS DE ENSAMBLE Y DE TALLER

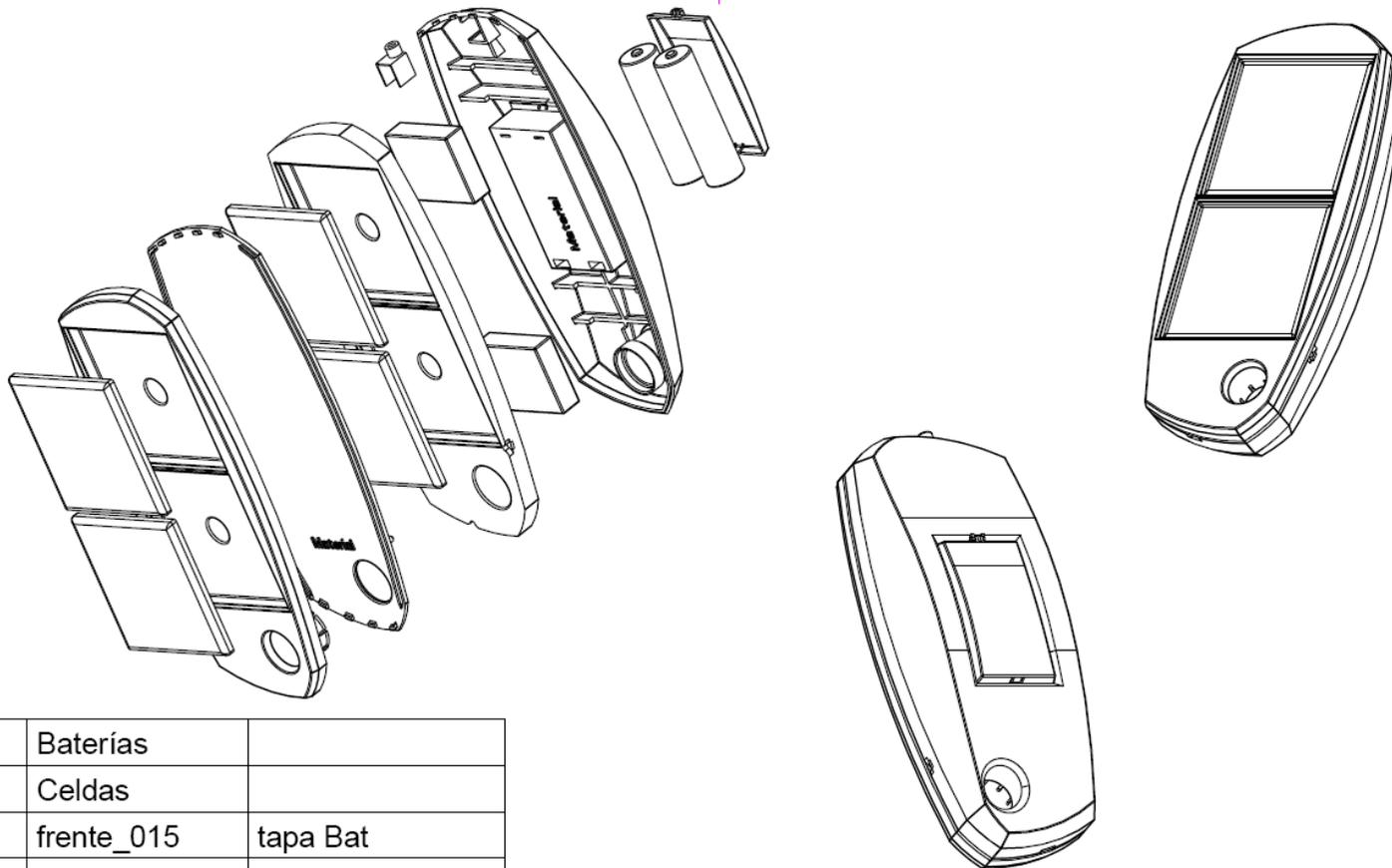
El plano de ensamble, tiene como principal función dar una idea clara de la manera en que los diferentes componentes son organizados para ser ensamblados.

Los planos de taller están organizados desde la carcasa frontal hasta la tapa del cargador de baterías. Estos planos muestran las dimensiones básicas de las piezas que conforman el nuevo producto, tienen como función principal asegurar que el producto pueda rehacerse a partir de ellos.

En la Tabla 19 se muestran los diferentes planos, el modelo CAD al que corresponden y la descripción de lo que se puede ver en ellos.

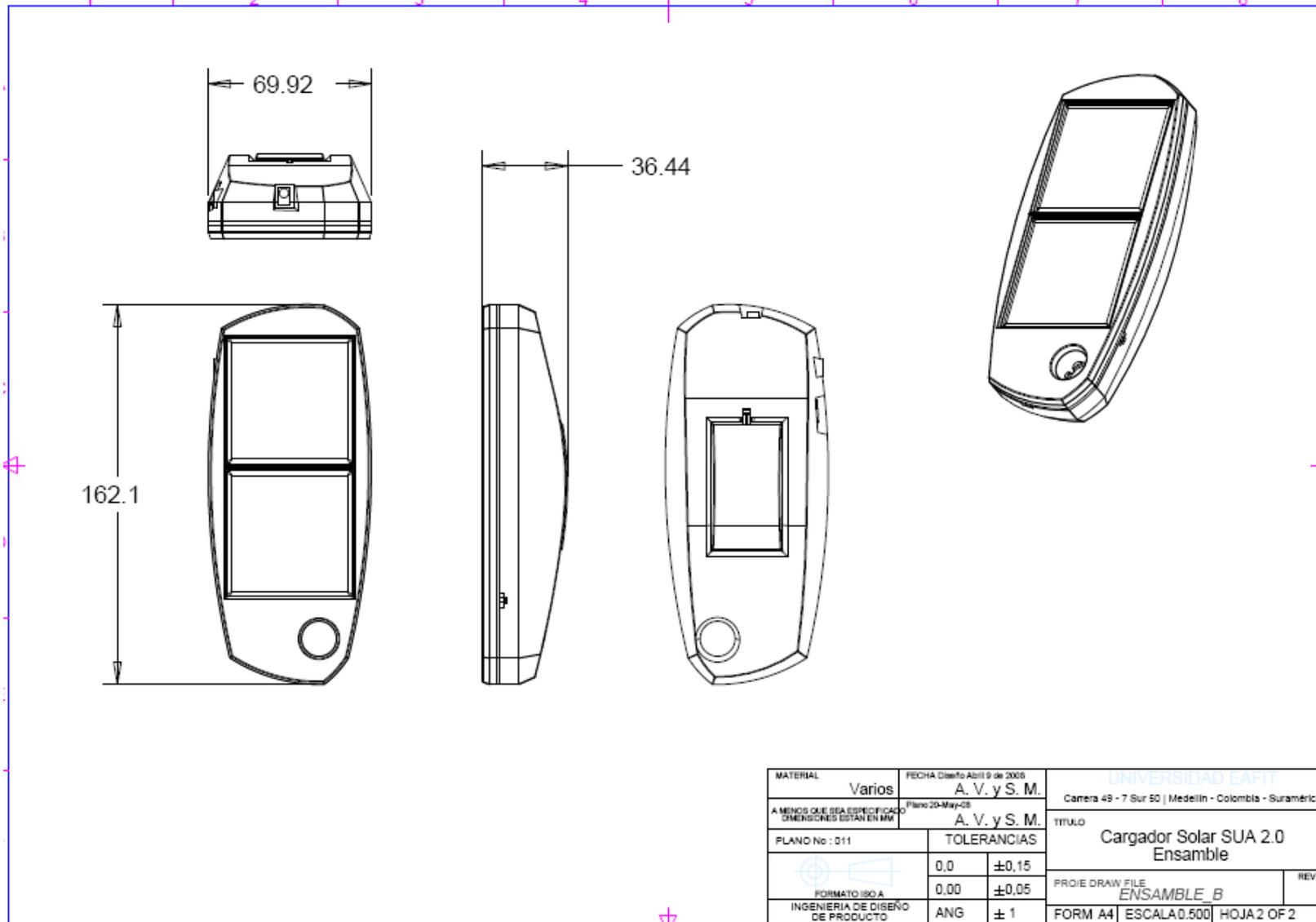
Plano	Modelo CAD	Descripción
010	Ensamble	Ensamble, vistas en explosión y generales
011	Ensamble	Ensamble, dimensiones generales
001	Frente_011	Carcasa frontal del producto, vistas generales
002	Frente_011	Carcasa frontal del producto, medidas detalladas
003	Frente_011	Carcasa frontal del producto, radio de las curvas
004	Frente_012	Tapa posterior de la carcasa frontal, vistas generales
005	Frente_013	Segundo frente del producto, vistas generales
006	Frente_014	Carcasa de componentes, vistas generales
007	Frente_014	Carcasa de componentes, medidas detalladas
008	Frente_014	Carcasa de componentes, radio de la curva posterior
009	Frente_015	Tapa del cargador de baterías, vistas generales

**Tabla 19. Lista de planos**

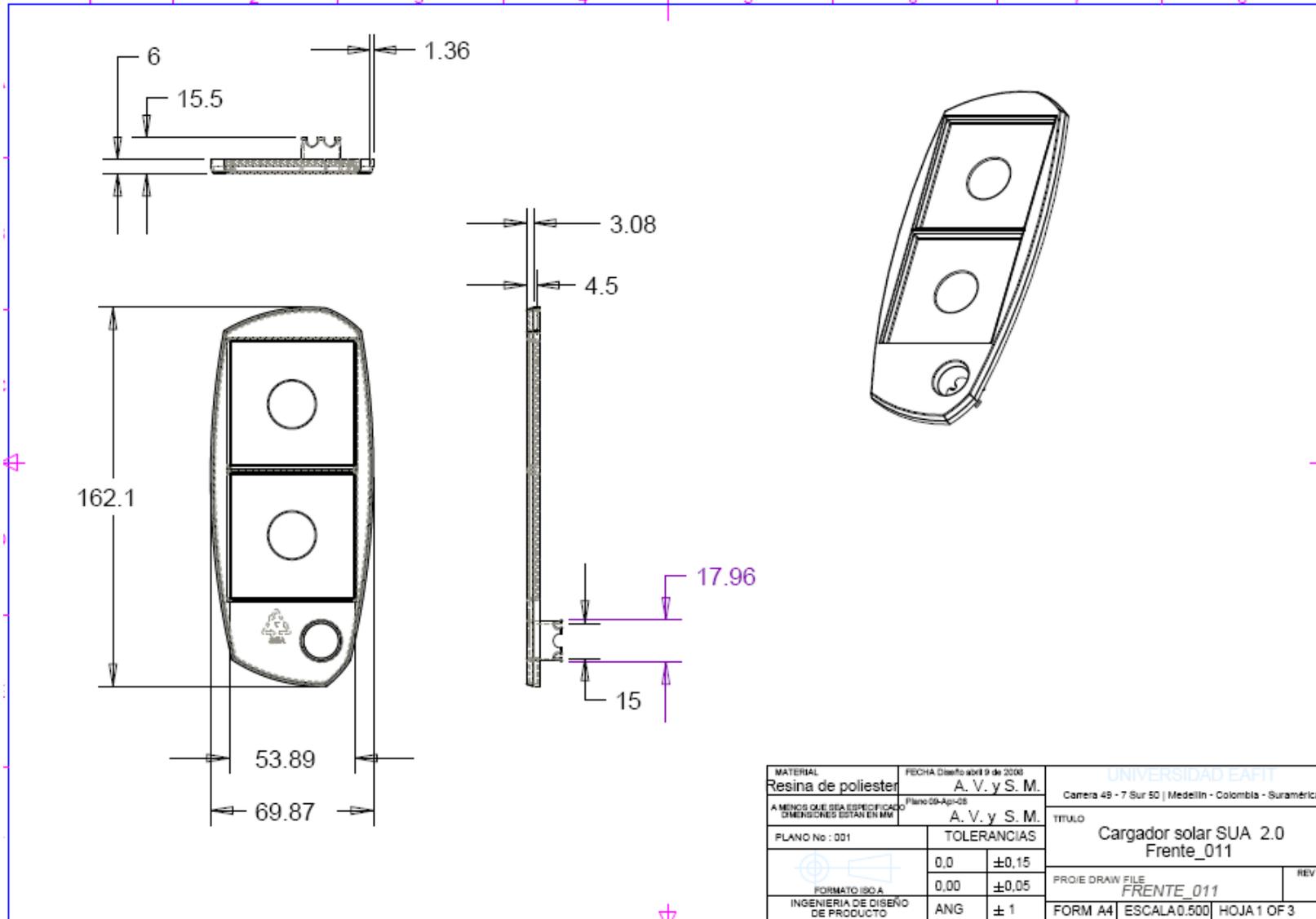


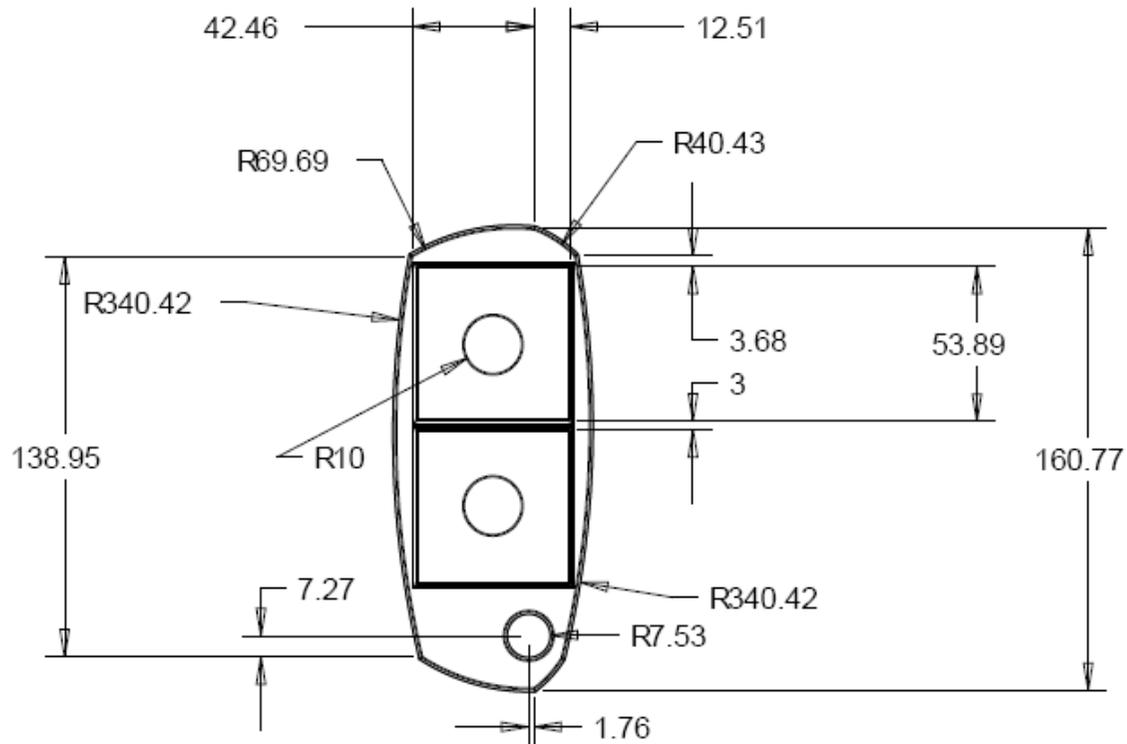
7	Baterías	
6	Celdas	
5	frente_015	tapa Bat
4	frente_015	Componentes
3	frente_013	Frente 2
2	frente_012	Contrafrente
1	frente_011	Frente
#	Pieza	Descripción

MATERIAL	Ensamble	FECHA Diseño Abril 9 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM		A. V. y S. M.	Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellín - Colombia - Suramérica	
PLANO No : 010		A. V. y S. M.	TITULO	
			Cargador Solar SUA 2.0	
			Ensamble	
			PROJE DRAW FILE	REV
			ENSAMBLE	
			FORM A4	ESCALA 0.500   HOJA 1 OF 2

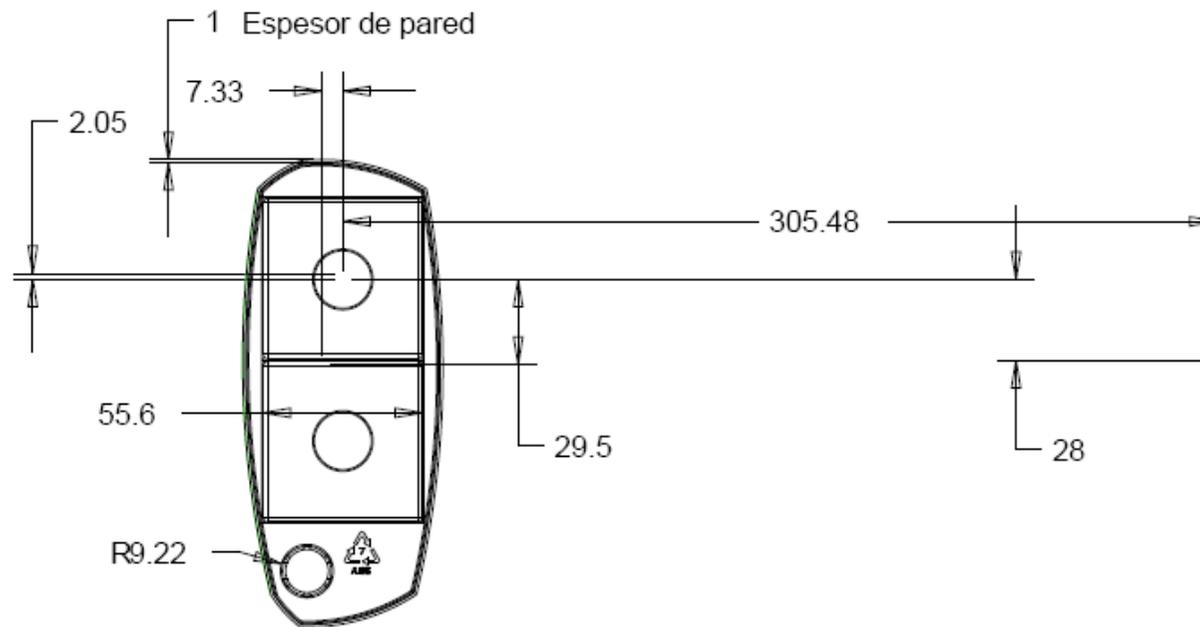


MATERIAL	Varios	FECHA Diseño Abril 9 de 2008	A. V. y S. M.	UNIVERSIDAD EAFIT	Carretera 49 - 7 Sur 50   Medellín - Colombia - Suramérica
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTÁN EN MM		Plano 20-May-08	A. V. y S. M.	TÍTULO	Cargador Solar SUA 2.0 Ensamble
PLANO No : 011		TOLERANCIAS		PROJ.E DRAW FILE	ENSAMBLE_B
 FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0.0	±0.15		REV	
	0.00	±0.05			
	ANG	± 1		FORM A4	ESCALA 0.500 HOJA 2 OF 2



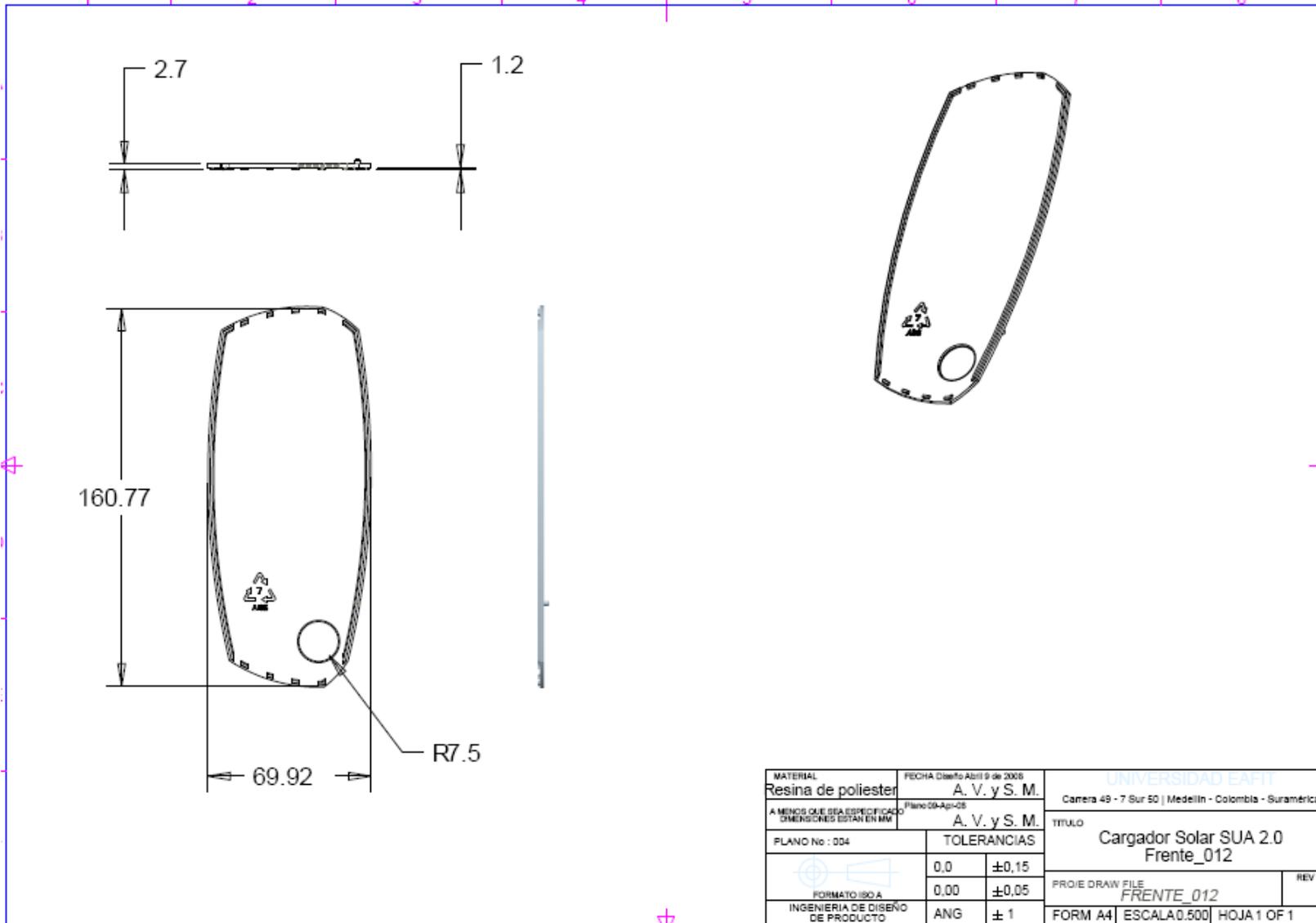


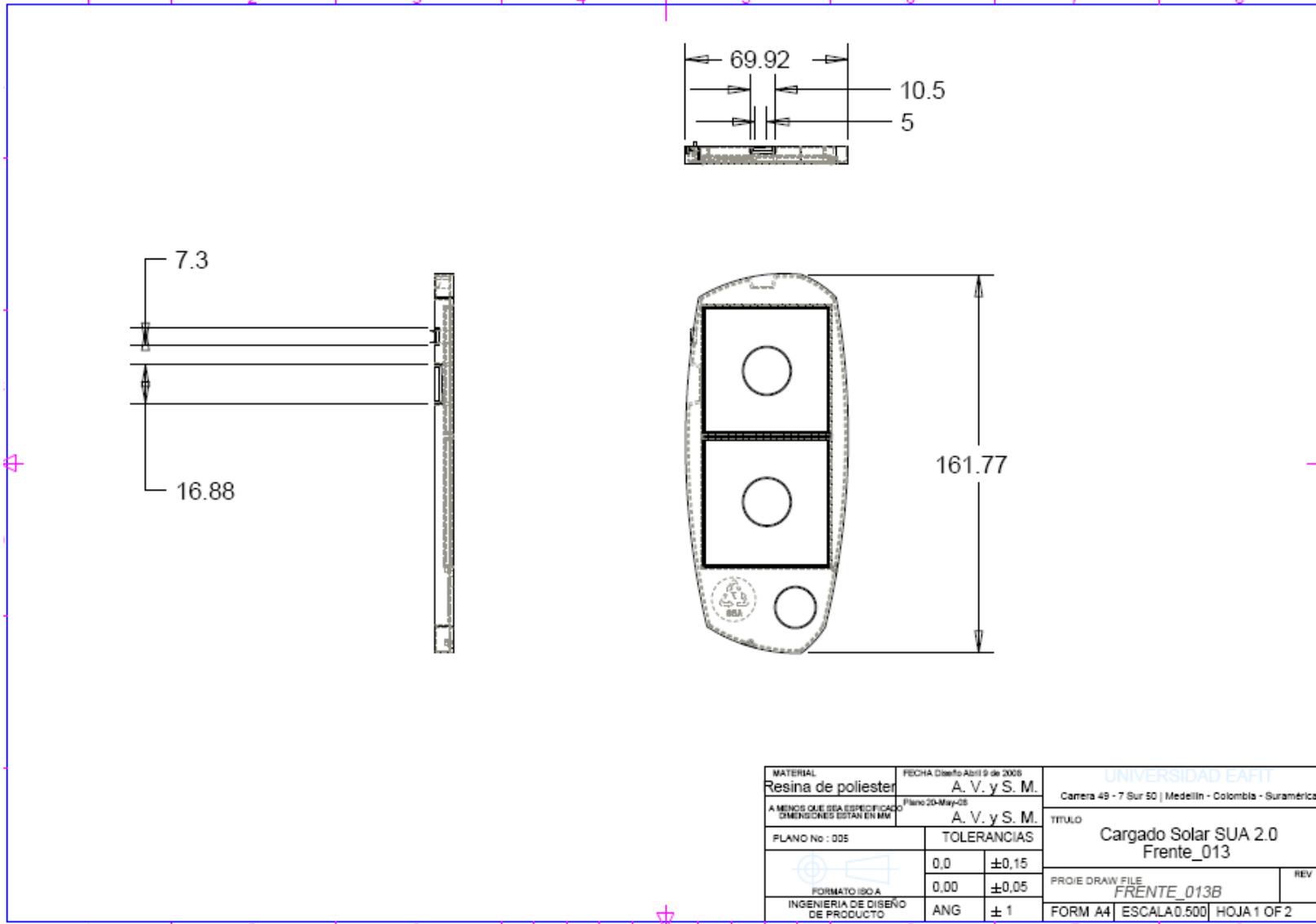
MATERIAL Resina de poliester	FECHA Diseño Abril 9 de 2008 A.V. y S. M.	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	Plano 08-Apr-08 A. V. y S. M.	TITULO Cargador Solar SUA 2.0 frente_011	
PLANO No : 002	TOLERANCIAS	PROJIE DRAW FILE FRENTE_011	REV
FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,0	±0,15	FORM A4   ESCALA 0.500   HOJA 2 OF 3
	0,00	±0,05	
	ANG	± 1	

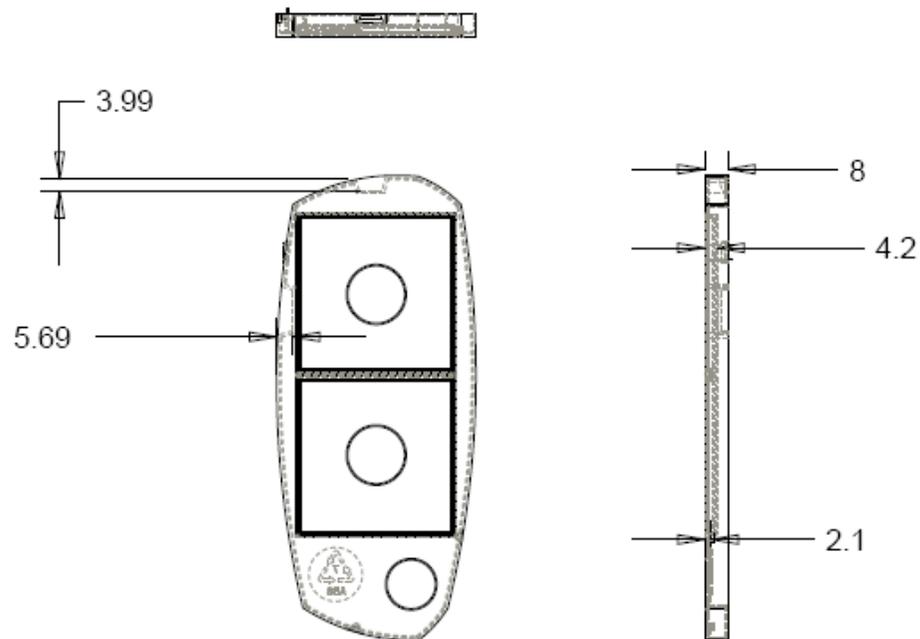


Centros de las curvas

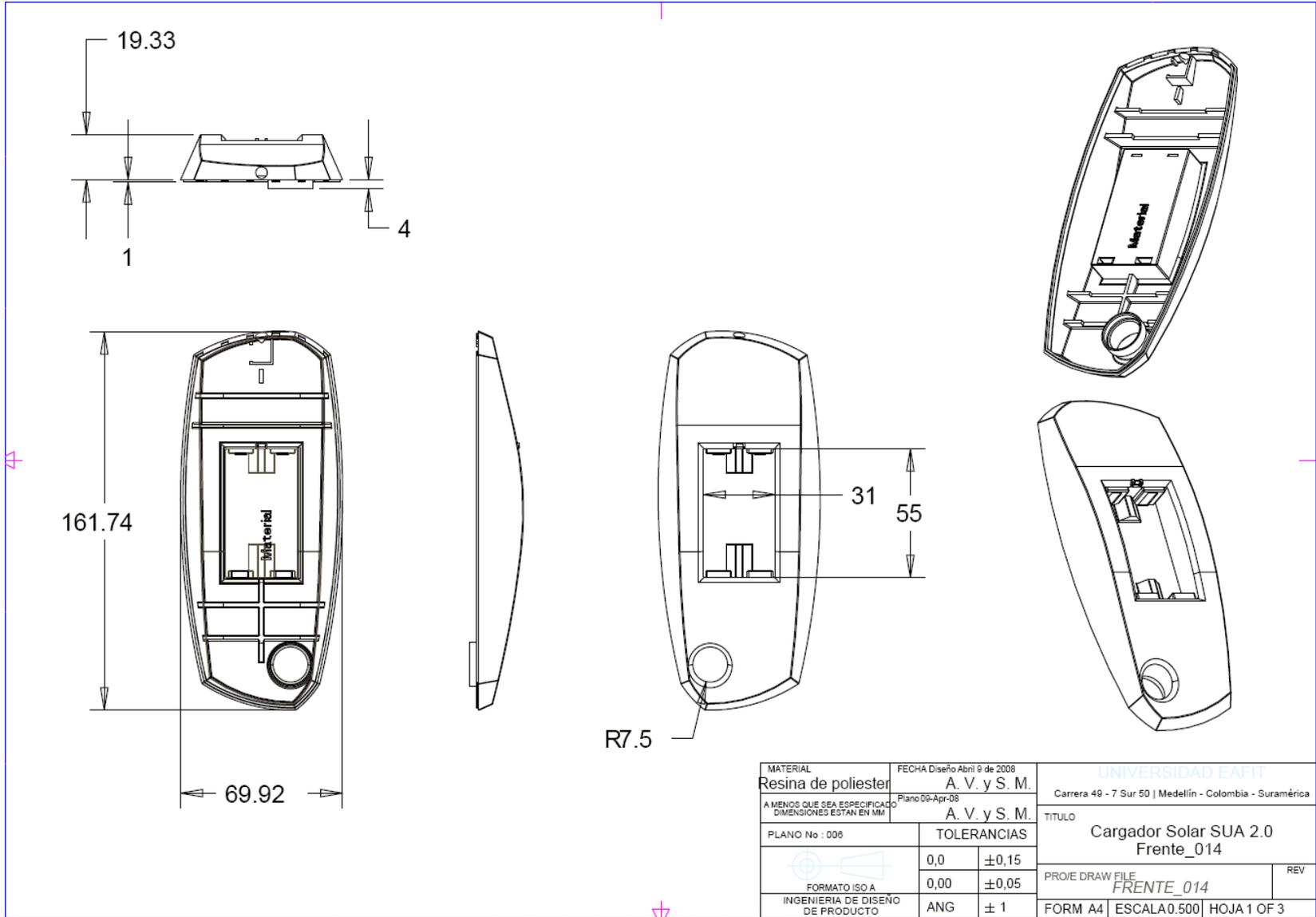
MATERIAL Resina de poliester	FECHA Diseño Abril 9 de 2009 A.V. y S. M.	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellin - Colombia - Suramerica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	Plano 09-Ap-05 A. V. y S. M.	TITULO Cargador Solar SUA 2.0 Frente_011	
PLANO No : 003	TOLERANCIAS	PROJIE DRAW FILE FRENTE_011	REV
FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,0	±0,15	FORM A4   ESCALA 0.500   HOJA 3 OF 3
	0,00	±0,05	
	ANG	± 1	

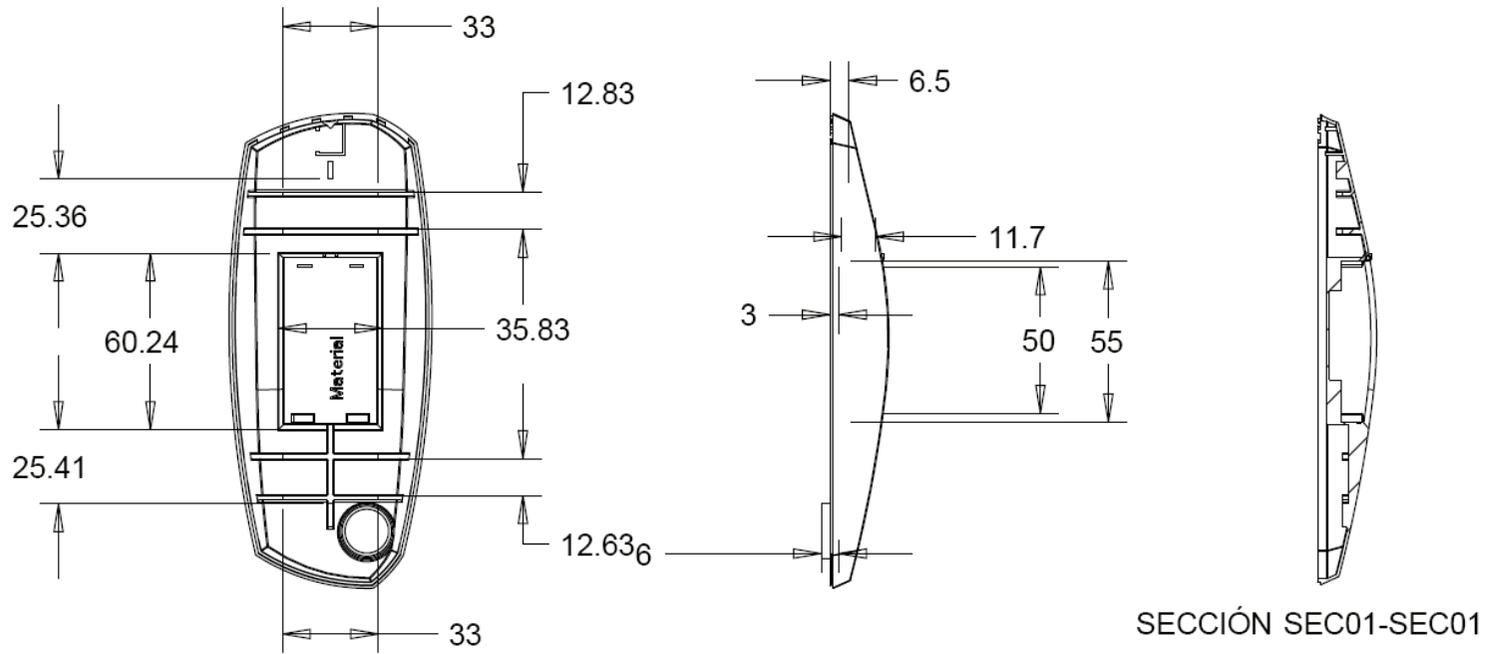






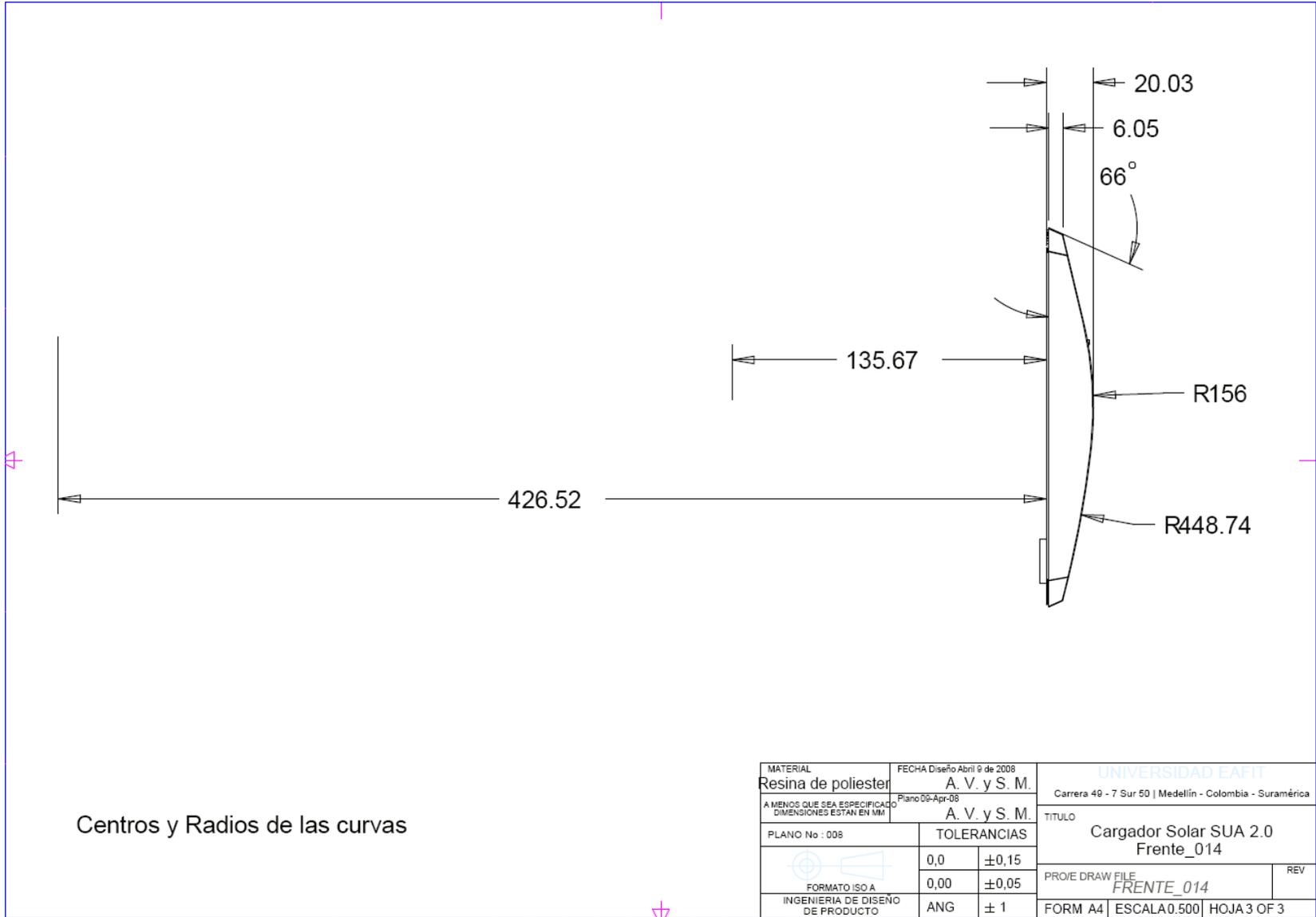
MATERIAL Resina de poliester	FECHA Diseño Abril 9 de 2008 A. V. y S. M.	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellin - Colombia - Suramerica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	Plano 20-May-08 A. V. y S. M.	TITULO Cargador Solar SUA 2.0 Frente_013	
PLANO No : 005A	TOLERANCIAS	PROJE DRAW FILE FRENTE_013B	REV
 FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,0	±0,15	
	0,00	±0,05	
	ANG	± 1	FORM A4   ESCALA 0,500   HOJA 2 OF 2



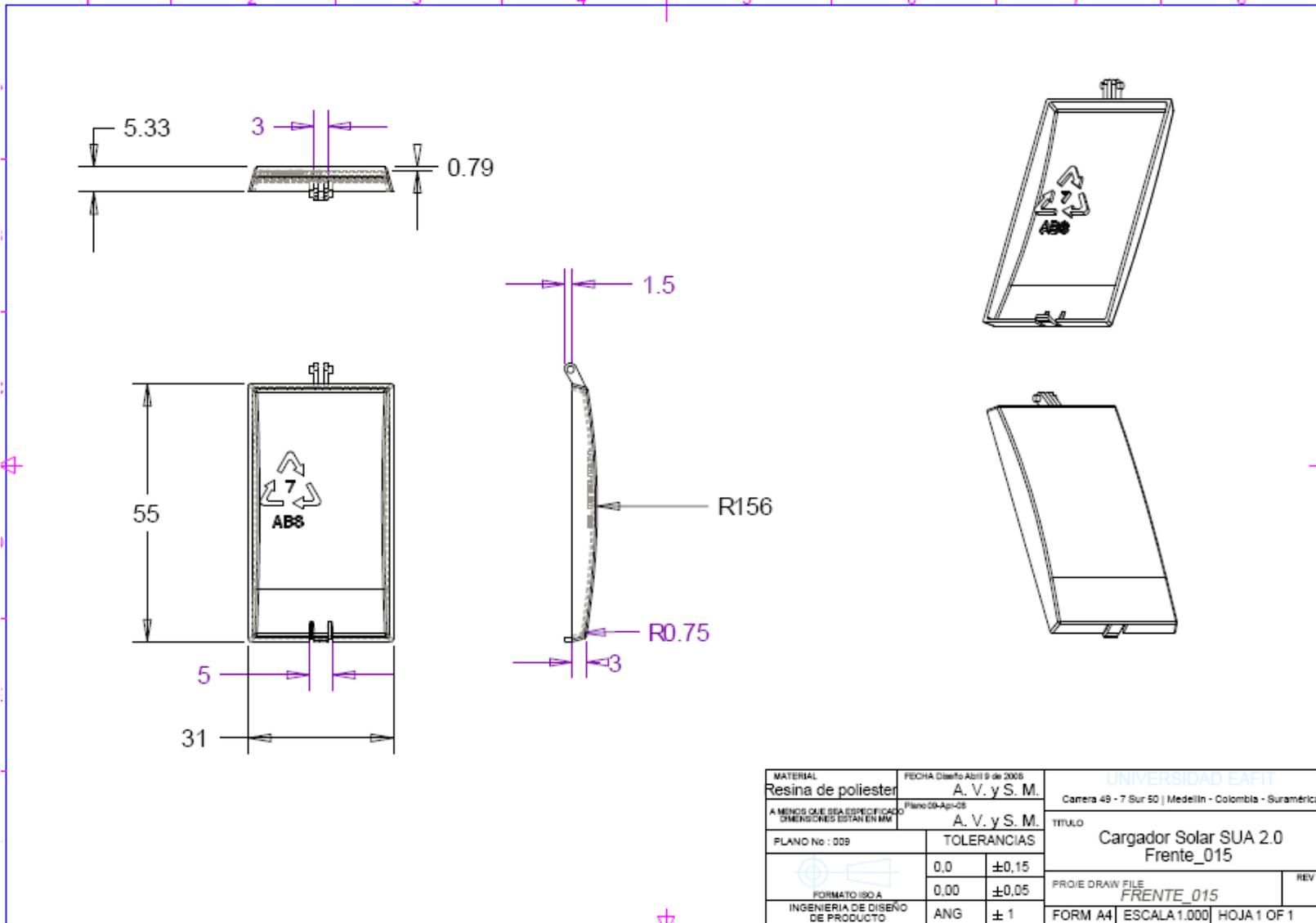


Espacio para las baterías

MATERIAL Resina de poliester	FECHA Diseño Abril 9 de 2008 A. V. y S. M.	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	Plano 09-Apr-08 A. V. y S. M.	TITULO Cargador Solar SUA 2.0 Frente_014	
PLANO No : 007	TOLERANCIAS		
 FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,0	±0,15	PROJE DRAW FILE FRENTE_014 REV
	0,00	±0,05	
	ANG	± 1	FORM A4   ESCALA 0.500   HOJA 2 OF 3



MATERIAL	FECHA Diseño Abril 9 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT	
Resina de poliester	A. V. y S. M.	Carrera 49 - 7 Sur 50   Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	Plano 09-Apr-08	TITULO	
	A. V. y S. M.	Cargador Solar SUA 2.0	
PLANO No : 008	TOLERANCIAS		Frente_014
 FORMATO ISO A	0,0	±0,15	PROJE DRAW FILE FRENTE_014
	0,00	±0,05	
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	ANG	± 1	FORM A4   ESCALA 0.500   HOJA 3 OF 3



## ANEXO 4. CARATERISTICAS DEL MATERIAL



A true industrial thermoplastic, ABS is widely used throughout industry. When combined with the Fused Deposition Modeling (FDM) systems by Stratasy, this material is ideal for the rapid production of prototypes, tooling and the direct (toolless) manufacturing of production parts.

Mechanical Properties <sup>1</sup>	Test Method	Imperial	Metric
Tensile Strength, Type 1, 0.125	ASTM D638	3,2000 psi	22 MPa
Tensile Modulus, Type 1, 0.125	ASTM D638	236,000 psi	1,627 MPa
Tensile Elongation, Type 1, 0.125	ASTM D638	6 %	6 %
Flexural Strength	ASTM D790	6,000 psi	41 MPa
Flexural Modulus	ASTM D790	266,000 psi	1,834 MPa
IZOD Impact, un-notched	ASTM D256	4 ft-lb/in	
IZOD Impact, notched	ASTM D256	2 ft-lb/in	
Thermal properties	Test Method	Imperial	Metric
Heat Deflection (HDT)	ASTM D648	205° F	96° C
Glass Transition (T <sub>g</sub> )	DMA (SSYS)	219° F	104° C
Coefficient of Thermal Expansion		5.60E-05 in/in/F	
Melt Point		Not Applicable <sup>2</sup>	Not Applicable <sup>2</sup>
Other	Test Method	Imperial	
Specific Gravity	ASTM D792	1.05	
Vertical Buring Test	UL 94	HB	
Rockwell Hardness	ASTM D785	R105	
Dielectric S (kV/mm)	IEC 60112	32	
Dielectric C (@60Mhz)	IEC 60250	2.4	

### APPEARANCE

- White available on all FDM systems
- Colors available on the FDM Maxum:
  - Black, Blue, Green, Grey (light), Grey (steel), Red and Yellow
  - Custom color program available
- Colors available on FDM Prodigy Plus:
  - Black, Blue, Green, Red and Yellow
  - Custom color program available

### SYSTEM AVAILABILITY

- FDM Maxum
- FDM Titan TI
- FDM Vantage SE
- FDM Vantage S
- FDM Vantage i (when configured with ABS)
- FDM Prodigy Plus

The information presented are typical values intended for reference and comparison purposes only. They should not be used for design specifications or quality control purposes. End-use material performance can be impacted (+/-) by, but not limited to, part design, end-use conditions, test conditions, etc. Actual values will vary with build conditions.

<sup>1</sup> Build orientation is on side edge. <sup>2</sup> Do to amorphous nature, material does not display a melting point.

For more information about Stratasy systems and materials, contact your representative +1 888.480.3548 or visit [www.stratasy.com](http://www.stratasy.com)

© 2006 Stratasy, Inc. All rights reserved. Product specifications are subject to change without notice. MPABS 5/06



**ANEXO 5. FOTOGRAFIAS PRODUCTO ACTUAL**





