

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA PARA EL SOPORTE DE
DISPOSITIVOS DE VISIÓN (CÁMARA HD, INFRARROJA, Y TIPO DOMO) Y
MONTAJE SOBRE LA PLATAFORMA MÓVIL DE ROBOT DE TECNOPARQUE
SENA PARA DESARROLLO DE TAREAS DE EXPLORACIÓN EN ENTORNOS
SEMI-CONSTRUIDOS.**

**ANGÉLICA MARÍA PÉREZ DUBEIBE
WILMER HERNÁNDEZ VELANDIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MÉCANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2014

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA PARA EL SOPORTE DE
DISPOSITIVOS DE VISIÓN (CÁMARA HD, INFRARROJA, Y TIPO DOMO) Y
MONTAJE SOBRE LA PLATAFORMA MÓVIL DE ROBOT DE TECNOPARQUE
SENA PARA DESARROLLO DE TAREAS DE EXPLORACIÓN EN ENTORNOS
SEMI-CONSTRUIDOS.**

**ANGÉLICA MARÍA PÉREZ DUBEIBE
WILMER HERNÁNDEZ VELANDIA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Diseñador Industrial.**

**Director:
LUIS EDUARDO BAUTISTA
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MÉCANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres y nuestras familias, a los profesores y todos aquellos que han estado a nuestro lado en todo este proceso de aprendizaje.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	28
1.1 TITULO	28
1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO	28
1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	28
1.4 JUSTIFICACIÓN	28
1.5 OBJETIVOS	31
1.5.1 Objetivo general	31
1.5.2 Objetivos específicos	31
1.6 ALCANCES DEL PROYECTO	32
2. MARCO TEÓRICO	34
2.1 ROBOTS: CONCEPTOS GENERALES	34
2.1.1 Robots de exploración	38
2.1.2 Estructuras robóticas	39
2.1.3 Prototipos robóticos modulares biónicos	43
2.1.4 Prototipos robóticos modulares geométricos	45
2.1.5 Prototipo robótico modular hexagonal	49
2.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	50
2.2.1 Cámara térmica	50
2.2.2 Cámara domo	52
2.2.3 Cámara de red (HD)	53
2.2.4 Dispositivo iluminador	54
2.2.5 Motor de posicionamiento	55
2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS: DE LA INFORMACIÓN A LAS VARIABLES DE DISEÑO	55

3. METODOLOGÍA PROYECTUAL	60
3.1 PLANEACIÓN	60
3.1.1 Estado del arte	60
3.1.2 Identificación de las necesidades	60
3.1.3 Interpretación de las necesidades	61
3.1.4 Especificaciones del producto	61
3.2 DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA	61
3.2.1 Generación de concepto (bocetación)	61
3.2.2 Evaluación de concepto (evaluación de alternativas)	62
3.3 DISEÑO A DETALLE	62
3.3.1 Propuesta seleccionada	62
3.3.2 Evaluación de la alternativa final	62
4. PROCESO DE DISEÑO	63
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES PARA EL DISEÑO	63
4.1.1 Protocolo entrevista	64
4.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	65
4.3 JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES	72
4.4 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	77
5. GENERACIÓN DE CONCEPTO	82
5.1 DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA	82
5.1.1 Secuencia de análisis problema de diseño	82
5.2 ASPECTOS DE DISEÑO	83
5.3 COMBINACIONES	86
5.3.2 Combinación uno	87
5.3.3 Combinación dos	88
5.3.4 Combinación tres	90
5.3.5 Carcasas propuestas	90
5.4 DESARROLLO CONCEPTO DE DISEÑO	91
5.5 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS:	95
5.5.1 Alternativa uno.	96

5.5.2 Alternativa dos	97
5.5.3 Alternativa tres.	99
5.5.4 Alternativa cuatro	100
5.6 EVALUACIÓN DEL CONCEPTO	101
5.6.1 Primera ronda de evaluación	102
5.6.2 Alternativas presentadas	104
5.6.3 Protocolo presentación/evaluación de las alternativas.	112
5.6.4 Formato de evaluación de alternativas	113
5.6.5 Resultados obtenidos	114
5.7 PRESENTACIÓN PROPUESTA FINAL	117
5.8 DISEÑO A DETALLE	119
5.8.1 Presentación de los componentes estructurales.	119
5.8.2 Propuesta cámara domo	126
5.8.3 Revalidación de dispositivos	130
5.8.4 Diseño formal-estético	134
5.9 ANALISIS Y ESTUDIOS ESTRUCTURALES	135
5.9.1 Plataformas para las cámaras	136
5.9.2 Soporte estrella plataforma	137
5.9.3 Plataforma motores – eje de movimiento	139
5.9.4 Modulo plano	140
5.9.5 Modulo básico	141
5.9.6 Soporte cámara domo	142
5.9.7 Estructura base plataforma	143
5.10 LISTA DE MATERIALES	144
5.11 PROFUESTA FINAL Y COMBINACIONES	148
5.11.1 Primera combinación.	148
5.11.2 Segunda combinación	151
5.11.3 Tercera combinación	152
5.11.4 Cuarta combinación	154
5.12 VISTA GENERAL DE LA ALTERNATIVA FINAL	155

6. CONCLUSIONES	156
BIBLIOGRAFIA	160
ANEXOS	163

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Izquierda: Desarrollo militar conocido como “Talon-sword” con sistema de desplazamiento por oruga. Derecha: Hornet MK-5, desarrollo robótico que incluye un brazo para manipular objetos.	36
Ilustración 2: Izquierda: BIG DOG, robot militar diseñado para trasladar cargamento. Centro: Robot diseñado para la atención del adulto mayor. Derecha: Robot Zeus diseñado para el uso de sala de cirugía.	38
Ilustración 3: Izquierda: PACKBOT, robot diseñado para la desactivación de explosivos. Centro: REMO, robot diseñado para rescates submarinos. Derecha: Robot de exploración terrestre.	39
Ilustración 4: Robot Tenebrio..	40
Ilustración 5: Prototipo robótico modular Morpho. Desplazamiento de objeto gracias al control del software especializado.	42
Ilustración 6: Robot modular inspirado en el movimiento de las serpientes.	43
Ilustración 7: Robot modular inspirado en el movimiento de serpientes.	44
Ilustración 8: Izquierda: Modulo de control y sistema de conexión. Centro: Modulo de unión, tres ejes forman los movimientos del sistema. Derecha: Modulo especial, ejecutan labores determinadas dentro de la estructura.	45
Ilustración 9: Izquierda: Configuración de robot usando los diferentes tipos de módulos. Derecha: Estudio del comportamiento de la estructura en laboratorio (cinemática).	46
Ilustración 10: Evolución del módulo del prototipo M-TRAN. Variación del peso total y dimensiones.	47
Ilustración 11: Izquierda: Modulo del prototipo CONRO. Derecha: Distribución de los módulos del prototipo CONRO en una configuración estructural.	48
Ilustración 12: Modulo hexagonal básico.	50

Ilustración 13: Izquierda: Imagen captada por el ojo humano. Derecha: la misma imagen, captada por una cámara térmica.	51
Ilustración 14: Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q1910-E.	51
Ilustración 15: Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q1910.	52
Ilustración 16: De izquierda a derecha se muestra el nivel de detalle que puede ser captado por el dispositivo de visión de domo.	52
Ilustración 17: Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q6034 PTZ.	53
Ilustración 18: Izquierda: Imagen captada por una cámara común. Derecha: Imagen captada por la cámara HD.	53
Ilustración 19: Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q16	54
Ilustración 20: Iluminador dispositivo AXIS T90A40.	54
Ilustración 21: Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q16.	55
Ilustración 22: Clasificación de los módulos según el origen. Proceso de diseño.	56
Ilustración 23: Clasificación de los módulos según el ordenamiento interno de la estructura. Repetición de los módulos.	57
Ilustración 24: Clasificación de los robots según la complejidad de los sistemas de recolección de señales. Comportamiento autónomo y toma de decisiones.	58
Ilustración 25: Proceso de diseño en etapas.	83
Ilustración 26: Plataforma móvil robótica. Imagen tomada durante la fase de armado.	87
Ilustración 27: Derecha: Cámara con housing estándar. Centro: Cámara interna, housing abierto. Izquierda: Plataforma de sujeción de la cámara interna.	88
Ilustración 28: Motor de posicionamiento YP3040.	89
Ilustración 29: Cámara domo Q6034 PTZ.	90

Ilustración 30: Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de origen de los módulos. Ventajas del uso de principio geométrico.	92
Ilustración 31: Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de origen de los módulos. Ventajas del uso de principio geométrico.	93
Ilustración 32: Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de naturaleza de los módulos. Ventajas del uso de módulos homogéneos.	94
Ilustración 33: Cuadro de resumen para la configuración de una propuesta con sistema reconfigurable. Para cada misión se desarrolló una propuesta modular. Ventajas del uso de módulos homogéneos.	95
Ilustración 34: Imágenes de la prueba del iluminador. Izquierda: Imagen captada sin el iluminador. Derecha: Imagen captada con la implementación del iluminador.	134
Ilustración 35: Muestras de los componentes gráficos de la plataforma.	134
Ilustración 36: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras.	137
Ilustración 37: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras.	138
Ilustración 38: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras y las piezas de soporte superior	139
Ilustración 39: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso del sistema completo superior de las cámaras	140

Ilustración 40: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso del sistema completo superior de los módulos completos	141
Ilustración 41: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de la cámara domo	142
Ilustración 42: Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso total	143

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Necesidades identificadas luego de la aplicación de la entrevista.	65
Tabla 2. Tabla de jerarquización de las necesidades.	73
Tabla 3. Tabla de especificaciones del proyecto.	77
Tabla 4. Necesidades clasificadas según los aspectos técnicos.	84
Tabla 5. Datos técnicos de las cámaras con housing y datos aproximados carcasa propuesta.	91
Tabla 6. Presentación de los aspectos de diseño alternativa uno.	96
Tabla 7. Presentación de los aspectos de diseño alternativa dos.	97
Tabla 8. Presentación de los aspectos de diseño alternativa tres.	99
Tabla 9. Presentación de los aspectos de diseño alternativa cuatro.	100
Tabla 10. Observaciones realizadas a las alternativas durante la fase de generación de concepto	102
Tabla 11. Características de diseño de la alternativa uno seleccionada.	105
Tabla 12. Características de diseño de la alternativa dos seleccionada.	108
Tabla 13. Características de diseño de la alternativa tres seleccionada.	111
Tabla 14. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta uno	114
Tabla 15. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta dos.	115
Tabla 16. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta tres	116
Tabla 17. Presentación propuesta final al equipo de Tecnoparque SENA. Fuente: Autores del proyecto	118
Tabla 18. Tabla de piezas y descripción del planteamiento del diseño.	119
Tabla 19. Tabla de piezas y descripción del planteamiento de diseño.	127
Tabla 20. Tabla de piezas y descripción del planteamiento de diseño.	128
Tabla 21. Registro del aumento de la temperatura y el punto máximo alcanzado por el iluminador.	131

Tabla 22. Tabla de materiales y piezas de la propuesta actual y construcción a futuro.	144
Tabla 23. Imágenes de la propuesta final presentada a Tecnoparque SENA con carcasa propuesta	148
Tabla 24. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA para las cámaras con housing estándar.	151
Tabla 25. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA con dispositivo de visión domo.	152
Tabla 26. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA para la implementación del motor	154

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Entrevista a experto – Desarrollo de la entrevista	163
ANEXO B. Características técnicas cámara térmica	164
ANEXO C. Características técnicas cámara domo	167
ANEXO D. Características técnicas cámara red	170
ANEXO E. Características técnicas iluminador	173
ANEXO F. Características técnicas motor de posicionamiento	174
ANEXO G. Alternativas presentadas	175
ANEXO H. Evaluación de alternativas	190
ANEXO I. Estudios y resultados CAE – Análisis de piezas.	201
ANEXO I. Planos de construcción	220

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA PARA EL SOPORTE DE DISPOSITIVOS DE VISIÓN (CÁMARA HD, INFRARROJA, Y TIPO DOMO) Y MONTAJE SOBRE LA PLATAFORMA MÓVIL DE ROBOT DE TECNOPARQUE SENA PARA DESARROLLO DE TAREAS DE EXPLORACIÓN EN ENTORNOS SEMI-CONSTRUIDOS.¹

AUTORES: PÉREZ Dubeibe Angélica María
HERNÁNDEZ Velandia Wilmer²

PALABRAS CLAVE: Robot modular, robot exploración, modular, robot.

Este documento registra el proceso de diseño para la configuración y construcción de una estructura que permitiera implementar los dispositivos de visión sobre la plataforma móvil robótica de Tecnoparque SENA. Este proyecto tuvo como objetivo la unión de la plataforma robótica y los dispositivos de visión para aprovechar las características de los mismos y así facilitar actividades de exploración en ambientes semi-construidos, y la recolección de datos del entorno.

En el mercado, los prototipos desarrollados para la ejecución de este tipo de tareas hacen uso de estructuras que permiten implementar al mismo tiempo los distintos dispositivos y de esa manera, llevar a cabo tareas de exploración. Esto hace que la autonomía del Robot disminuya de manera considerable.

El tiempo es un factor que influye en el desarrollo de actividades de búsqueda y rescate, por esto este proyecto busco el uso de acoples básicos para el armado de la estructura.

Partiendo de ahí se orientó el proceso de diseño buscando generar una propuesta que ofreciera la posibilidad de implementar los dispositivos de diferentes formas, adecuándose a las condiciones de la misión y las características del entorno. Para esto, se recurre al concepto de modularidad el cual permite implementar los dispositivos y generar combinaciones entre ellos, sin requerir el montaje de todos los elementos, aumentando la autonomía eléctrica de la plataforma. Además este concepto genera una estructura abierta, la cual permite a futuro la expansión del proyecto, dando la posibilidad de continuar con las siguientes fases del proyecto, partiendo de los módulos propuestos en este documento.

Con este proyecto se buscó realizar un aporte al desarrollo tecnológico y plantear soluciones a problemáticas propias de la región. Uno de los grandes atractivos de este trabajo fue la interdisciplinaria y el aporte desde distintas áreas para la consecución de un fin mayor.

¹ Tesis de grado

² Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: D.I BAUTISTA, Luis Eduardo. Codirector. I.E. CELIZ, Juan Pablo.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A STRUCTURE FOR THE SUPPORT OF VISION DEVICES (CAMERA HD, INFRARED, AND DOME TYPE) AND MOUNTING OVER THE ROBOT MOBILE PLATFORM OF TECNOPARQUE SENA FOR THE DEVELOPMENT OF TASKS OF EXPLORATIONS INTO SEMI-BUILT ENVIRONMENTS.³

AUTHORS: PÉREZ Dubeibe Angélica María
HERNÁNDEZ Velandia Wilmer⁴

KEYWORDS: Modular robot, exploration robot Modular robot

This document records the process of design for the configuration and construction of a structure that allowed to implement the vision devices over the robotic mobile platform of Tecnoparque SENA. This project had as main objective the union between the robotics platform and the vision devices to take advantage the characteristics of the same, and in this way to facilitate activities of exploration into semi-built environments and collecting data from environmental.

In the market, the prototypes developed to perform this kind of tasks make use of structures that allow implement, at the same time, the different devices, and in that way, to carry out tasks of exploration. This makes the robot autonomy to decrease significantly.

The time is a factor that influences in the development of search and rescue activities. Therefore, this project aimed the use of basic fittings for the assembly of the structure.

From there, the design process was carried out seeking to generate a proposal that would offer the possibility to deploy the devices in different ways, being able to adapting to the conditions of the mission and the characteristics of the environment. For this, was used the concept of modularity which allows implementing devices and generate combinations between them, without require the mounting of all elements increasing the electric autonomy of the platform. Also, this project generates an open structure which allows the expansion of the project in the future, giving the possibility to continue with the following phases of the project, and beginning from the modules proposed in this document.

This project aimed to make a contribution to technological development and raise solutions to the problems of the region. One of the biggest attractions of this work was the interdisciplinary and the contribution from different areas to achieve a greater purpose.

³ Thesis

⁴ School of Physics and mechanical engineering. School of Industrial Design. Directed d.I BAUTISTA, Luis Eduardo.

GLOSARIO

ÁNGULO DE VISIÓN: se entiende por ángulo de visión el fragmento de escena que puede ser captada por la cámara o el dispositivo de visión. Según el tipo de lente se puede variar las dimensiones de la escena que se desea capturar. De esa manera tenemos para la cámara infrarroja un ángulo de visión horizontal de 17°. Para la cámara Domo tendremos un ángulo de visión sobre la horizontal de 360° y sobre la vertical 180°.

CÁMARA DOMO: se implementará la cámara domo AXIS Q6034 PTZ, un dispositivo de visión que ofrece HDTV 720p, zoom óptico de 18x y movimiento horizontal y vertical de alta velocidad para lograr una cobertura excepcional en formato HDTV de grandes áreas y con mucho detalle al acercar la imagen. Diseñada para una instalación en interiores de forma fácil y fiable, es perfecta para utilizarla en aeropuertos, estaciones de tren, casinos, estadios y centros comerciales. (Axis communications)

CÁMARA HD (RED): la cámara AXIS Q16 es una cámara de red fija con características para satisfacer requisitos de aplicaciones exigentes. Es apta para entornos con condiciones de poca iluminación, y vigilancia en situaciones de iluminación variable.

CÁMARA INFRARROJA (TÉRMICA): una cámara térmica es un tipo de cámara que crea una imagen con luz infrarroja. Esta tecnología también puede llamarse de imágenes termográficas. A diferencia de la cámara fotográfica normal o cámaras de vídeo que registran las diferentes longitudes de onda de la luz visible como imágenes, estos dispositivos detectan la luz invisible, infrarrojos, también conocido como calor. En esencia, crean una representación visual de calor. (Axis communications)

Para el desarrollo del proyecto se implementará la cámara de red térmica AXIS Q1910 la cual permite detectar personas, objetos e incidentes en absoluta oscuridad y en condiciones difíciles, como humo, bruma, polvo y niebla ligera.

CONEXIÓN ETHERNET: el objetivo de este tipo de conexión es permitir la comunicación entre sí de un grupo de dispositivos dentro de un área específica o localizada. Las conexiones Ethernet son ampliamente usadas en el campo de la computación, en donde sirven para conectar dos o más computadoras locales con el fin de intercambiar información y compartir recursos como, por ejemplo, las impresoras o internet.

Este tipo de conexión se conoce también como red de área local (LAN) y para su implementación se requiere el uso de cables, los cuales deben estar conectados a un conmutador. Un cable de red consiste en ocho cables que forman cuatro pares de cables de cobre trenzados, y se utiliza con conectores RJ-45 y sockets. (Axis communications)

Es necesario que para cada dispositivo dentro de la red de área local: LAN se cuente con una interface de red, esto con el fin de convertir los datos y poderlos transmitir de un lugar a otro. Dicha información viaja empaquetada, por lo que cualquier pérdida de información puede ser recuperada y reenviada. La conexión Ethernet envía los datos de forma rápida, segura y además permite la manipulación de los dispositivos inmersos dentro de la red de manera remota.

ESTRUCTURA: es la manera en que se disponen las formas en un orden específico, para obtener formas complejas de alta resistencia a partir de elementos simples. Los elementos deben unirse para lograr una estructura rígida. (Guevara Melo, Fundamentos de configuración en diseño industrial, 2004)

GRADO DE LIBERTAD: cuando se usa este término se hace referencia al número de reacciones o movimientos independientes que una estructura es capaz de realizar en un plano dimensional. En una estructura móvil puede presentarse 3 rotaciones y 3 traslaciones en relación a las tres dimensiones del espacio.

HOUSING: el housing es un elemento de protección de los factores ambientales para las cámaras HD y térmica. Cuentan, según las características de la cámara, con sistemas de refrigeración o anti-empañante para los lentes térmicos.

ILUMINADOR: Axis T90A40 constituye un iluminador por LED blanco e infrarrojos de alto rendimiento diseñados para utilizarse con las cámaras de red Axis. Permite modificar el ángulo de iluminación “in situ” para que se ajuste a las necesidades de seguridad específicas, y se adapte al campo de visión de la cámara de red.

MÓDULO: son formas idénticas o similares entre sí, son formas unitarias que aparecen más de una vez dentro de determinado diseño. Los módulos deben ser simples. Agrupar muchos módulos en repetición permite la formación de texturas, redes y estructuras. (Guevara Melo, Fundamentos de configuración en diseño industrial, 2004)

Los módulos son elementos que facilitan, regulan y hacen más económicos los procesos de producción.

ROBOT: es una máquina multitarea que puede ser reprogramada electrónicamente. Estas máquinas son capaces de llevar a cabo una serie de movimientos o tareas, por lo general, por medios autónomos; aunque no en todos los casos. Se aplica el concepto a aquellas máquinas móviles y las estacionarias.

Cuentan con un manipulador que los dirige de forma remota a través de cables o enlaces inalámbricos, y no será considerado robot a menos que pueda realizar algunas funciones de manera autónoma bajo el control de un software

reprogramable. (Sclater & Chironis, Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook, 2007).

Se define a un robot móvil cómo un dispositivo formado por componentes físicos y computacionales, divididos en cuatro subsistemas: Locomoción, percepción, razonamiento y comunicación. (Ruiz del solar & Salazar, 2006)

INTRODUCCIÓN

Este proyecto es la primera fase de un macro - proyecto: la construcción de una plataforma robótica para la exploración, búsqueda y rescate en situaciones de desastre o emergencia. En esta fase se plantea el desarrollo de una estructura capaz de unir la plataforma robótica con los dispositivos de visión adquiridos por Tecnoparque SENA y a su vez potencializar la inversión hecha por parte de los mismos en la adquisición de dispositivos para la recolección de datos orientados a la ejecución de labores de exploración de entornos semi-construidos.

El desarrollo de plataformas robóticas orientadas como herramientas para la asistencia en episodios catastróficos reduce los riesgos presentes al desempeñar las tareas de rescate, ya que permiten la recolección de datos, estudiar las características del entorno y determinar variables. Las labores de salvamento implican medidas de seguridad con el fin de no exponer de forma innecesaria la vida e integridad de los socorristas. Por lo tanto, gracias a la información obtenida es posible la toma de decisiones rápidas y eficaces.

Por esta razón se planteó el diseño y construcción de una estructura que sirviera de soporte para la implementación de los dispositivos de visión y el montaje de los mismos sobre la plataforma móvil robótica. El proyecto tuvo como finalidad el aprovechamiento de las características de las cámaras y los dispositivos disponibles. Para lograrlo, el equipo de diseño junto con el área de expertos de Tecnoparque SENA realizó un estudio de las posibles combinaciones de dispositivos con el fin de garantizar la versatilidad de la propuesta. De esta manera, los esfuerzos se orientaron al desarrollo de una herramienta para la ejecución de tareas de exploración.

Dentro del marco de desarrollo del macro-proyecto el grupo de investigación INTERFAZ estuvo a cargo de la configuración de los elementos estructurales con las características antes mencionadas. Con el proceso de diseño se buscó generar una propuesta abierta para el desarrollo en etapas posteriores. El proceso de diseño sigue las pautas establecidas por Karl Ulrich en su metodología “Diseño y desarrollo de producto.”

El proyecto se llevó a cabo haciendo uso de los recursos disponibles en Tecnoparque SENA y los procesos de fabricación propios de la región. A nivel académico, el diseño de prototipos robóticos genera propuestas orientadas a cumplir labores en sectores de seguridad, inspección, exploración y salvamento. Acorde al entorno y la región de ubicación de Tecnoparque SENA se hace necesaria la participación en iniciativas de proyectos que generen un impacto social favorable.⁵

En el siguiente documento se encuentra descrito el proceso correspondiente al diseño de la estructura para la implementación de los dispositivos de visión. Abarca desde una revisión de los artículos más destacados y el correspondiente análisis de las variables identificadas dentro del estado del arte. Se estructuró a su vez los parámetros en función de las necesidades de las misiones a ejecutar, los requerimientos electrónicos y alimentación de los dispositivos para dar inicio finalmente a la etapa de generación de concepto y configuración de alternativas. De esta manera se llegó al diseño a detalle, pruebas de dispositivos, modelado y finalmente la construcción.

⁵ Grupo de innovación tecnológica para la formación profesional integral. (2012). Diseño y construcción de un robot prototipo para inspección, exploración y salvamento en catástrofes y/o emergencias. En D. d. integral, Diseño y construcción de un robot prototipo para inspección, exploración y salvamento en catástrofes y/o emergencias (págs. 1-12). Bucaramanga: SENA

Al final del proyecto se logró desarrollar una estructura modular que permitió el montaje de los dispositivos adecuadamente. El desarrollo de la propuesta incluyó movimientos básicos en dos planos para aumentar la capacidad de las cámaras trasladando el rango de visión en un barrido controlado del entorno. Dicha estructura modular permitió a su vez el montaje de las distintas combinaciones de dispositivos posibles, los cuales favorecen la ejecución de tareas en diferentes entornos. Finalmente la estructura se construyó haciendo uso de materiales resistentes a las cargas aplicadas sin ser estos los que formarán parte de la propuesta final.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO

Diseño y construcción de una estructura para el soporte de dispositivos de visión (cámara HD, infrarroja, y tipo domo) y montaje sobre la plataforma móvil de robot de Tecnoparque Sena para desarrollo de tareas de exploración en entornos semi-construidos.

1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO

Los responsables del desarrollo de este proyecto fueron los estudiantes de la escuela de Diseño Industrial Angélica María Pérez Dubeibe y Wilmer Hernández Velandia, bajo la dirección y asesorías del Diseñador Industrial Luis Eduardo Bautista, docente de la Universidad Industrial de Santander. Tecnoparque SENA estuvo presente a través del equipo de expertos en las áreas de electrónica, diseño y mecánica.

1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

- Universidad Industrial de Santander
- Escuela de Diseño Industrial
- Grupo de investigación INTERFAZ
- Tecnoparque SENA nodo Bucaramanga

1.4 JUSTIFICACIÓN

El Oriente colombiano ocupa los primeros puestos de “nido sísmico” en el mundo. Hay una increíble actividad sísmica permanente a raíz de numerosas fallas

geológicas. Dichas fallas están localizadas en la zona más ancha de la Cordillera Oriental de Colombia.

A 35 kilómetros de Bucaramanga, en un área conocida como la Mesa de Los Santos, se ubica el mayor epicentro de movimientos telúricos de la región. Este punto es, a su vez, considerado el tercer nido sísmico más importante por su actividad en el mundo, después de Indokush, en Afganistán, y Brancha, en Rumania hacia los Montes Cárpatos.^{6,7}

En Los Santos se producen más de doce descargas de energía diariamente. Según los expertos sismólogos en esta zona se registran 85 movimientos de tierra diarios, lo que convierte a la región en un potencial epicentro de catástrofes por sismos de gran magnitud. Debido al riesgo se debe contar con un plan de acción cuando una emergencia se presenta. Por lo que en los primeros momentos después de un accidente, el personal de emergencias y primeros auxilios trabaja a contrarreloj para evaluar la situación y rescatar a los involucrados.⁸

A pesar de no tener un control sobre las consecuencias que se desatan luego de estos episodios de desastre, es vital contar con herramientas especializadas que permitan iniciar labores de exploración para estudiar las características del entorno, recolectando datos, determinando variables y lograr de esa manera obtener la información necesaria para la toma de decisiones rápidas y eficaces.

⁶ UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SEDE BUCARAMANGA. (Mayo - Julio de 2010). Santander se sacude. Pfm.Plataforma(27), 4 – 7.

⁷ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. (s.f.). www.15enlinea.com. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de www.15enlinea.com: <http://www.15enlinea.com/ciudad1/163-la-norma-de-sismo-resistencia-apenas-en-implementacion>.

⁸ RODADO NORIEGA, C. (6 de Octubre de 2010). <http://www.minminas.gov.co>. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de <http://www.minminas.gov.co>: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/6556.pdf>.

En el año 2012 Tecnoparque SENA realizó una cuantiosa inversión en la adquisición de dispositivos de visión, recolección de datos, y de una plataforma móvil robótica. Todo esto como parte de la primera etapa de desarrollo del macroproyecto “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PROTOTIPO PARA INSPECCIÓN, EXPLORACIÓN Y SALVAMENTO EN CATÁSTROFES Y/O EMERGENCIAS**”. Los alcances de este proyecto abarcan la fase inicial, es decir, la ejecución de tareas de exploración. Con este proyecto se busca generar una herramienta propia y orientada para ser usada en la región.⁹

Este proyecto se desarrolló con el fin de proponer una alternativa de diseño que funcionara de soporte para los dispositivos de visión y permitiera el montaje sobre la plataforma móvil robótica. Generando así un sistema integrado orientado a la realización de misiones de reconocimiento y recolección de datos a través del uso de las cámaras disponibles. Permitiendo la ejecución de labores de exploración en territorios agrestes o de difícil acceso.

Es así que luego de realizada la adquisición de los dispositivos y la plataforma móvil robótica por parte de Tecnoparque SENA, se hizo necesaria la intervención desde el campo de diseño para la configuración de una estructura adecuada que permitiera llevar a cabo distintas combinaciones de dispositivos y lograran ser usados dependiendo de las características de las misiones o los factores del entorno. Realizando un trabajo desde la parte formal del sistema hasta la parte funcional del mismo, proponiendo alternativas de solución para la integración del sistema electrónico y recepción de datos, hasta el diseño de los acoples para las cámaras y la estructura en general. Todo en función de conservar intactas las características de rango de visión y la funcionalidad de los dispositivos involucrados en cada una de las posibles combinaciones de la propuesta.

⁹ Grupo de innovación tecnológica para la formación profesional integral. Op. Cit.

Por último, el trabajo acá registrado fue el aporte al desarrollo del macro-proyecto de la plataforma robótica, por lo tanto se propuso el diseño de una estructura abierta que ayude al aprovechamiento de los recursos de los componentes de la plataforma, además sus componentes estructurales funcionan como punto de partida para desarrollos de fases posteriores del proyecto.

El desarrollo y la participación de propuestas de diseño para estructuras para robots son proyectos que aportan a la construcción de un conocimiento propio dentro de la región, generando la participación de distintas áreas.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general. Diseñar y construir una estructura que permitiera el montaje de dispositivos de visión para recolección de datos, sobre una plataforma móvil robótica de exploración.

1.5.2 Objetivos específicos

- Estudiar las características funcionales y morfológicas de las estructuras más destacadas en el campo de desarrollo robótico para determinar aquellas que puedan ser usadas como punto de partida dentro del marco de desarrollo del proyecto.
- Diseñar una estructura para el montaje de las cámaras HD, infrarroja y tipo domo sobre la plataforma móvil de exploración. La propuesta debe permitir el desplazamiento en entornos de difícil acceso y mantener los dispositivos asegurados en la estructura.
- Construir un modelo funcional de la estructura que permita el ensamblaje de los dispositivos de visión sobre la plataforma móvil robótica de Tecnoparque SENA para el desarrollo de tareas de exploración.

- Evaluar las características físicas y funcionales de los componentes estructurales y las posibles configuraciones, a su vez, evaluar la efectividad de los componentes electrónicos y el funcionamiento de los dispositivos de visión que se han de implementar sobre la plataforma móvil robótica.

1.6 ALCANCES DEL PROYECTO

- El desarrollo abordó la fase inicial del macro-proyecto de robot para búsqueda y rescate en situaciones de emergencia o desastre impulsado por Tecnoparque SENA. Este trabajo registra el proceso para la configuración de la estructura, el planteamiento de las posibles combinaciones de dispositivos y su ubicación sobre la plataforma móvil para la ejecución de las tareas de reconocimiento y exploración de terrenos de difícil acceso.
- Con el proyecto se buscó conservar el rango de visión de los dispositivos de visión, respetando la funcionalidad de los dispositivos de posicionamiento y de la plataforma móvil adquiridos por Tecnoparque SENA. Así mismo, se hizo uso de los recursos electrónicos y tecnológicos disponibles para la configuración del robot de exploración.
- Se propuso el diseño, desarrollo y construcción de una estructura que ofreciera la posibilidad de armar diferentes tipos de configuraciones estructurales. De esta manera se buscó que la plataforma fuera capaz de responder a diferentes circunstancias de entorno y según la misión a ejecutar.
- El diseño de los componentes modulares de la estructura permite que sean usados en las siguientes etapas de desarrollo. Es decir, se diseñó una plataforma abierta que se acopla con el desarrollo en etapas posteriores y los dispositivos a usar en el futuro.
- Se planeó el diseño y la construcción de un modelo funcional de una estructura de soporte orientada a la instalación de dispositivos de recolección de datos como lo son la cámara HD, la cámara de visión infrarroja, la cámara domo y un dispositivo iluminador especializado.

- Al final del proceso se hizo entrega de un modelo funcional de la estructura, resultados de las pruebas realizadas, estudio de materiales para la elaboración de la estructura y planos técnicos.

2. MARCO TEÓRICO

El proceso de diseño dio inicio generando palabras claves para la búsqueda en bases de datos relacionadas con el desarrollo de prototipos robóticos. Algunas de estas palabras fueron robot modular, robot de exploración, modular y robot. Los motores de búsqueda fueron Sirius y aquellos artículos y resúmenes respaldados por la página de la Universidad Industrial de Santander.

Los hallazgos realizados fueron sometidos a un análisis de sus respectivos componentes estructurales y funcionalidad. La búsqueda de los desarrollos se convierten en un punto de referencia y de este análisis se han de definir los conceptos que han de aplicarse al proyecto.

Por otra parte, se realiza una descripción de los dispositivos propuestos para el montaje de la estructura y la elaboración de las actividades de exploración. La descripción de las características de los dispositivos se realiza con el fin de resaltar las ventajas de las distintas cámaras, el motor y la plataforma móvil.

2.1 ROBOTS: CONCEPTOS GENERALES

Un robot es una máquina multitarea electrónicamente reprogramable, capaz de llevar a cabo una serie de movimientos o tareas, por lo general, de manera autónoma. Se pueden considerar robots todos aquellos prototipos que realicen alguna de sus funciones gracias a la acción de un programa software. Este concepto aplica tanto a los desarrollos móviles como a los estacionarios. Los robots cuentan con un manipulador que los dirige de forma remota a través de cables o enlaces inalámbricos.

Los avances en el campo de la robótica comenzaron a darse en el siglo XX. Actualmente los prototipos incluyen un control primario como una unidad de procesamiento, microprocesador o micro-controlador. El chip de memoria y los sensores son capaces de proporcionar retroalimentación durante la ejecución de una tarea específica.¹⁰

Los sensores para el robot son como los sentidos para los seres humanos. Son aquellos que le dan la posibilidad al robot de recibir y procesar la información del entorno en el que se encuentran y expresar en cantidades cuantificables los datos obtenidos. En la práctica, toda la información que se recibe es convertida a señales o programación que el sistema del robot es capaz de procesar.¹¹

Para los robots móviles se hace una aclaración y es en cuanto a los sistemas que se involucran. Los sistemas de locomoción son aquellos que permiten que el robot se desplace por el entorno, mientras que los sistemas de manipulación que son aquellos que le permite alcanzar o mover los objetos que le rodean.¹²

¹⁰ SCLATER, N., & CHIRONIS, N. (2007). Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook. En N. Sclater, & N. Chironis, Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook (Cuarta Edición ed., págs. 49 - 65). New York, U.S.A: McGraw Hill.

¹¹ RUIZ DEL SOLAR, J., & SALAZAR, R. (2006). Introducción a la robótica. En J. Ruiz del solar, & R. Salazar, Introducción a la robótica (págs. 2 - 20). Santiago, Chile: Universidad de Chile.

¹² Ibid

Ilustración 1. Izquierda: Desarrollo militar conocido como “Talon-sword” con sistema de desplazamiento por oruga. Derecha: Hornet MK-5, desarrollo robótico que incluye un brazo para manipular objetos.



Fuente: “Robótica de servicio” de Barea.

En conclusión, se define a un robot cómo un dispositivo formado por componentes físicos y computacionales, divididos en cuatro subsistemas: Locomoción, percepción, razonamiento y comunicación.¹³

Por su parte, los robots de servicio están orientados más a la asistencia del hombre. Las tareas programadas para estos robots van desde el campo de la medicina con tareas que contribuyen al cuidado de pacientes en rehabilitación, pasando por prototipos para tareas de limpieza, entretenimiento, educación, la inspección de tuberías y conductos, hasta el campo policial en donde los robots ejecutan labores relacionadas con la desactivación de bombas y la atención en situaciones de desastre y rescate de víctimas. Cabe destacar que en esta

¹³ Ibid

clasificación se incluyen los robots militares y los prototipos científicos desarrollados para la recolección de datos.¹⁴

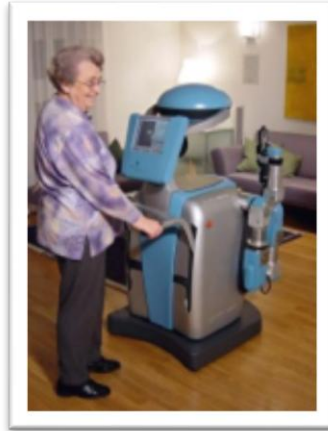
Los robots de servicios se agrupan dependiendo de las labores para las cuales están programados. Por lo que en el campo de la robótica se encuentran cinco grandes grupos, el primero reúne a todos aquellos prototipos orientados a tareas de exploración, labores militares y de seguridad. Estos robots son usados para exploraciones mineras, rescate y manejo de explosivos entre otras. El segundo grupo hace referencia a todos los prototipos programados para ejecución de tareas en el sector de la salud. Están los asistentes en cirugías, cuidado de pacientes y personas mayores.

Otra clasificación aquellos prototipos orientados a las tareas del hogar como la limpieza, se conocen como robots de servicio doméstico. Se encuentran los robots de servicio enfocados a la educación y el entretenimiento, como androides y mascotas. Y finalmente aquellos diseñados para el desarrollo de tareas peligrosas, usados con mayor frecuencia en el campo de la construcción y limpieza industrial.¹⁵

¹⁴ SCLATER, & CHIRONIS. Op. Cit.

¹⁵ BAREA, R. (2007). Robótica de servicios. En R. Barea, Robótica de servicios (págs. 1 - 19). Alcalá de Henares, España: Universidad de Alcalá

Ilustración 2. Izquierda: BIG DOG, robot militar diseñado para trasladar cargamento. Centro: Robot diseñado para la atención del adulto mayor. Derecha: Robot Zeus diseñado para el uso de sala de cirugía.



Fuente: "Robótica de servicio" de Barea.

2.1.1 Robots de exploración. Las labores de exploración y rescate figuran como una de las principales tareas programadas y para los cuales, año tras año, las instituciones invierten grandes sumas de dinero para el diseño y construcción de prototipos que respondan adecuadamente a las situaciones que se presentan. Según la Federación Internacional de Robótica, entidad dedicada a la supervisión de los temas de tecnología, se define como un robot de servicio aquel que opera de manera automática o semiautomática para realizar servicios útiles al bienestar de los humanos o a su equipamiento, excluyendo las operaciones de fabricación (robots industriales).¹⁶

Las estructuras físicas de los robots de servicio han evolucionado más allá de un brazo articulado para dar paso a estructuras más complejas. Debido a los elementos estructurales con los que cuentan, un robot de servicio involucra un

¹⁶ ARACIL, R., BALAGUER, C., & ARMADA, M. (Abril de 2008). Robots de Servicio. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 5, 1 - 8

sistema potente sensorial para captar las señales del entorno y poder realizar las tareas o las acciones de forma correcta.¹⁷

Ilustración 3. Izquierda: PACKBOT, robot diseñado para la desactivación de explosivos. Centro: REMO, robot diseñado para rescates submarinos. Derecha: Robot de exploración terrestre.



Fuente: "Robótica de servicio" de Barea.

2.1.2 Estructuras robóticas. Los avances robóticos se han realizado a nivel de investigación y generación de prototipos. Acorde al entorno y la región, se hace necesaria la participación en iniciativas de proyectos como este que generan un impacto social favorable. Por ello esta propuesta partió de un estudio del estado del arte de las soluciones existentes para generar una solución propia y enfocada a nuestra región.¹⁸

La recolección de información se realizó a través de motores de búsqueda y el análisis se concentró en prototipos robóticos para tareas de exploración. Al realizar el estudio a las estructuras de los robots existentes se halló, en términos generales, un concepto en el que se basa todo el proceso de diseño y de desarrollo de los elementos. El concepto es la modularidad de las piezas, lo que

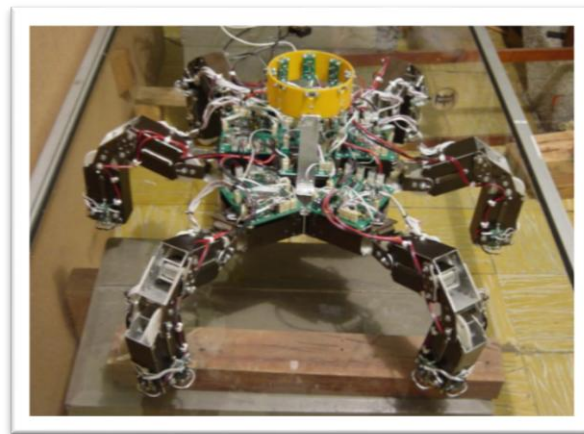
¹⁷ Ibid

¹⁸ Grupo de innovación tecnológica para la formación profesional integral. Op. Cit.

permite al usuario configurar el orden de los módulos de acuerdo a la tarea a desarrollar.

Tenebrio. Para iniciar este recorrido se tomará un prototipo robótico desarrollado en la Universidad del Valle. La descripción habla de un robot caminador hexápodo con sistema multiprocesador capaz de desplazarse en cualquier dirección usando las seis patas articuladas. Entre los aspectos más interesantes a resaltar es la habilidad de detectar obstáculos en la trayectoria del movimiento gracias a los sensores de proximidad con los que cuenta. Para adaptarse a los terrenos, este prototipo cuenta con varios modos de desplazamiento, lo que le permite evadir o caminar sobre los obstáculos satisfactoriamente.¹⁹

Ilustración 4. Robot Tenebrio.



Fuente: "Diseño e implementación de un robot móvil hexápodo"

Dentro del marco de diseño y desarrollo de Tenebrio, nombre que recibe el robot, hay que mencionar los atributos que configuran el software de control. Existen tres fases, la primera de ellas en donde se implementan algoritmos navegación, una fase media en el que se aborda toda la cinemática correspondiente a la estructura y un nivel bajo en el que se implementa el control de las patas.

¹⁹ ARANGO, A., SATIZÁBAL, H., & CORREA, H. (2011). Diseño e implementación de un robot móvil hexápodo (Vol. Vol 12). Cali, Colombia: Universidad de Cali

El software y los sensores del robot no solo le permiten la detección de obstáculos en el recorrido, sino que le da la posibilidad de realizar ajustes generales como la altura, la inclinación tanto lateral como frontal, la rotación y a su vez, ajustes más específicos como la longitud del paso, la dirección y la altura a la que eleva cada pata, las coordenadas de posición y el patrón de caminado.²⁰

Para terminar, Tenebrio está compuesto en su parte física por una plataforma rígida que sirve de soporte y unión para las seis patas. En total, el sistema cuenta con 18 grados de libertad (tres grados por cada pata) controlados cada uno por motores de corriente continua, los cuales garantizan el movimiento de las extremidades.²¹

Morpho. El segundo prototipo robótico de referencia para el proyecto viene desde la Universidad de Harvard. El desarrollo se basa en las complejas estructuras celulares y la retoma principios de biología. La tensegidad es un concepto celular que se entiende como una red en la que están inmersos diferentes elementos, los cuales no se tocan entre sí directamente, pero mantienen contacto a través de la red que los une y el espacio total está limitado por el alcance de la misma.²²

De este prototipo robótico se resalta que cada elemento está diseñado de manera tal que pueda cumplir con determinada acción o tarea dentro de la estructura final. El primer módulo corresponde a los enlaces estructurales que permiten la deformación de la estructura y así variar las dimensiones físicas. Un segundo grupo de enlaces apoyan la modificación de la estructura expandiéndose o contrayéndose con el fin de mantener la geometría del sistema. El movimiento de

²⁰ Ibid.

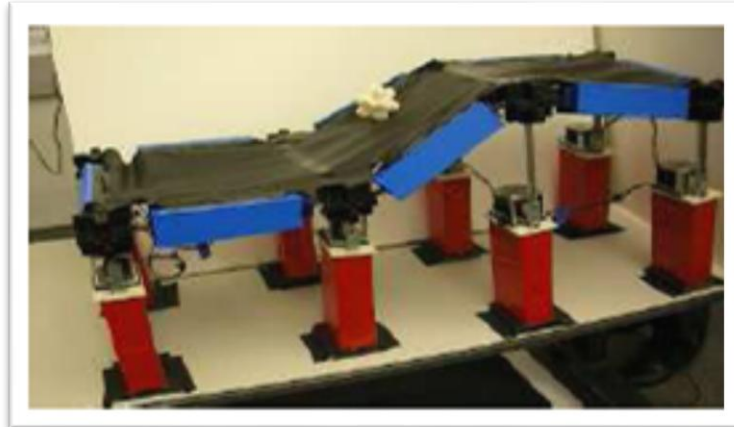
²¹ Ibid

²² YU, C.-H., HALLER, K., INGBER, D., & NAGPAL, R. (2008). Morpho: A Self-deformable Modular Robot Inspired by Cellular. En C.-H. Yu, K. Haller, D. Ingber, & R. Nagpal, Morpho: A Self-deformable Modular Robot Inspired by Cellular (págs. 3571 - 3578). Cambridge, MA: Harvard University.

la estructura permite que la membrana, que actúa como red, genere movimientos que van desde el plano 2D hasta formar volúmenes al ser atada a otros módulos.²³

Para la unión de los elementos estructurales dentro de este prototipo robótico fueron diseñados unos módulos denominados cubos de interfaz, los cuales cuentan con ocho puntos de unión y permiten que todos los demás elementos de la estructura puedan configurarse según la necesidad y la tarea a cumplir.

Ilustración 5. Prototipo robótico modular Morpho. Desplazamiento de objeto gracias al control del software especializado.



Fuente: "Morpho: A self-deformable modular robot inspired by celular structure"

²³ Ibid

2.1.3 Prototipos robóticos modulares biónicos. La estructura completa de este robot está conformada por ocho módulos, de los cuales, cada uno de ellos cuenta con un grado de libertad. Este desarrollo modular robótico inspirado en una serpiente cuenta con la capacidad de coordinar sus grados de libertad internos, de forma tal que los movimientos que ejecuta la estructura final le permiten acceder a territorios de espacios reducidos. La gran ventaja de este robot, en comparación con los desarrollos que implementan piernas y de ruedas para ejecutar el desplazamiento, es la posibilidad que tienen de moverse fácilmente en terrenos hostiles.²⁴

Ilustración 6. Robot modular inspirado en el movimiento de las serpientes.



Fuente: "Bio-inspired locomotion for a modular snake robot".

Lo interesante del diseño es que al unir los módulos la estructura del robot puede desplazarse en las tres direcciones y ejecutar tareas complejas. Cada módulo gira 90° respecto al anterior (en la estructura final) y cuentan con un sistema de control independiente. Entre los movimientos que logra la estructura están hacia adelante, hacia atrás, desplazamiento lateral, giro y le permite cruzar zanjas o brechas presentes en el territorio en el que se encuentra el robot.²⁵

²⁴ ZHANG, S., & GUO, Y. (13 de Abril de 2009). Bio-inspired locomotion for a modular snake robot. Bio-Inspired/Biomimetic Sensor Technologies and Applications. Conference Volume 7321, págs. 1 - 10. Orlando: SPIE Digital Library.

²⁵ Ibid.

Ilustración 7. Robot modular inspirado en el movimiento de serpientes.



Fuente: "Characterization of forward rectilinear-gait performance for a snake-inspired robot"

El segundo prototipo del que se hablará es el desarrollado en la Universidad de Maryland. Al igual que en el anterior, el diseño exalta las posibilidades que se tienen al trabajar con robots de este tipo. La flexibilidad de los movimientos le permite al prototipo desplazarse a través de terrenos difíciles. Este robot no realiza, a diferencia del anterior, un movimiento oscilatorio sino que usa los desplazamientos de los módulos para lograr una marcha rectilínea.²⁶

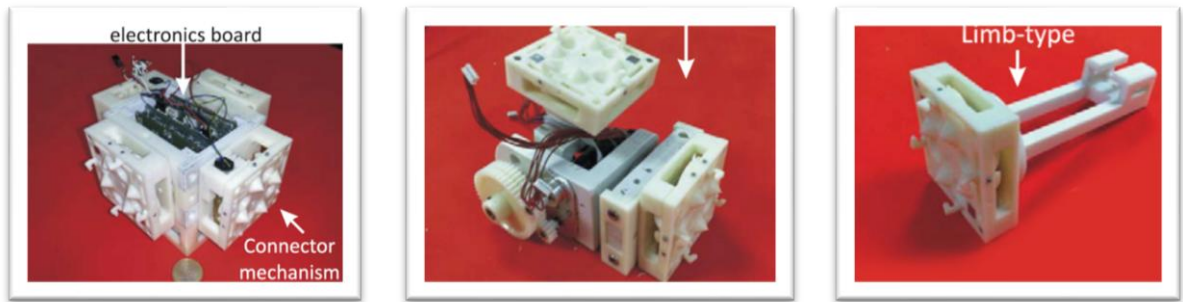
Se hace necesario resaltar que entre los atributos de la estructura figura la efectividad para abordar diferentes terrenos debido el movimiento fluido sin el uso de ruedas de apoyo y a la estabilidad de la plataforma robótica, gracias a que durante el desplazamiento la mayor parte de la estructura se mantiene en contacto con el suelo mientras que tan solo una parte del prototipo se eleva.²⁷

²⁶ HOPKINS, J., & GUPTA, S. (2012). Characterization of Forward Rectilinear-Gait Performance. The ACM Digital Library, 136 – 144.

²⁷ Ibid

2.1.4 Prototipos robóticos modulares geométricos

Ilustración 8. Izquierda: Módulo de control y sistema de conexión. Centro: Módulo de unión, tres ejes forman los movimientos del sistema. Derecha: Módulo especial, ejecutan labores determinadas dentro de la estructura.



Fuente: “A heterogeneous modular robotic design for fast response to a diversity of tasks”

El proceso de diseño de este robot se basa en el desarrollo de tres clases de módulos, el primero orientado al control y la potencia del sistema, el segundo que permite la articulación de los elementos estructurales y finalmente un módulo diseñado para cumplir con tareas especializadas, entre las que figuran el desplazamiento o la manipulación de objetos. Este prototipo busca una fabricación rápida de las piezas, reduciendo su costo y garantizando que la estructura final contará con la versatilidad y la funcionalidad necesaria para abordar cualquier tipo de tarea.²⁸

²⁸ BACA, J., FERRE, M., & ARACIL, R. (7 de Diciembre de 2011). A heterogeneous modular robotic design for fast response to a diversity of tasks. *Robotics and Autonomous Systems*, 16, págs. 321 - 331

Ilustración 9. Izquierda: Configuración de robot usando los diferentes tipos de módulos. Derecha: Estudio del comportamiento de la estructura en laboratorio (cinemática).



Fuente: “A heterogeneous modular robotic design for fast response to a diversity of tasks”

Profundizando un poco más en el diseño, los módulos de energía contienen los circuitos de control y actúan sobre los demás módulos. Permiten el flujo de la información entre módulos además de enviar señales al centro de control a distancia. El desarrollo de los módulos de unión, por su parte, está enfocado hacia la física. Son piezas que reciben y trasladan fuerzas y torques. Están diseñados con tres grados de libertad y con un sistema de apoyo que se activa cuando la exigencia de la tarea sobrepasa a la capacidad de los módulos de control. Finalmente un tercer módulo de tareas específicas, este tipo de módulos involucran sensores altamente especializados y generan su propio procesamiento de datos. Este tipo de diseño estructural permite contar con una estructura de respuesta rápida a una gran diversidad de tareas.²⁹

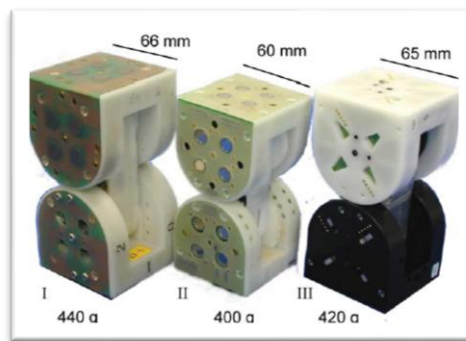
M-Tran. Es uno de los prototipos más destacados en el campo de la robótica modular y es debido al alto nivel de desarrollo de las piezas que componen la estructura y al sistema electrónico que integra, el cual permite la correcta interpretación del entorno. Las configuraciones del sistema se basan en el control de un generador de patrones y en la capacidad de sus piezas de realizar

²⁹ Ibid

metamorfosis reacomodándose dentro de la estructura según las señales que reciban del control maestro.

Es un sistema robusto y cada módulo cuenta con una batería independiente y una posibilidad de movimiento en dos grados. En este prototipo se observa un desarrollo a nivel de intra-comunicación, en la que los módulos reciben la información de sus vecinos, y una inter-comunicación, en la que se involucra un controlador a distancia.³⁰

Ilustración 10. Evolución del módulo del prototipo M-TRAN. Variación del peso total y dimensiones.



Fuente: “Self-reconfigurable modular robot M-TRAN: Distributed control and communication”

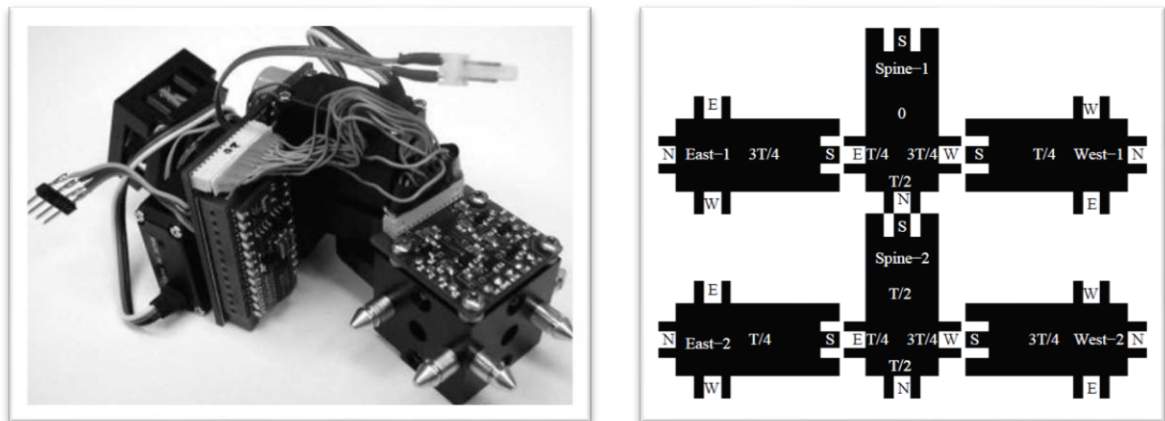
Los módulos que componen la estructura del M-TRAN son elementos homogéneos, es decir, están diseñados de tal forma que la repetición de los módulos permita formar estructuras. El módulo básico del M-TRAN está dividido en tres partes, las primeras dos son bloques cuya forma es producto de la unión de medio cubo y medio cilindro. Cada módulo cuenta con seis caras en las que se ubican los puntos de conexión que permite la comunicación con los módulos adyacentes.

³⁰ KUROKAWA, H., TOMITA, K., KAMIMURA, A., KOKAKI, S., HASUO, T., & MURATA, S. (2007). Self-Reconfigurable Modular Robot M-TRAN: ACM Digital Library (artículo 21).

La tercera parte del módulo, es un enlace de conexión que permite que los bloques se deslicen y giren en un ángulo de 90° uno respecto al otro.³¹

Conro. Otro de los avances a destacar es el robot conocido como CONRO, cuyos módulos son, a simple vista, idénticos. Sin embargo el sistema electrónico interno les permite a los módulos responder de acuerdo a la ubicación que adquieran dentro de la estructura final. Es decir, sus módulos se especializan en detectar la tarea a desarrollar dependiendo del lugar en el que estén dentro de la configuración. Su sistema complejo requiere para funcionar determinar cuál será el comando de control y cuáles serán los módulos subordinados o como se denominan en el documento del proyecto, hijos.³²

Ilustración 11. Izquierda: Módulo del prototipo CONRO. Derecha: Distribución de los módulos del prototipo CONRO en una configuración estructural.



Fuente: "How to make a self-reconfigurable robot run".

³¹ Ibid

³² STOY, K., SHEN, W.-M., & WILL, P. (2002). How to Make a Self-Reconfigurable Robot Run. Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 2 (págs. 813 - 820). New York: ACM Digital Library.

2.1.5 Prototipo robótico modular hexagonal. Para el siguiente prototipo es importante aclarar que aunque la fecha en que se realizó el proyecto es alrededor de 1997, el análisis resulta valioso en cuanto a la configuración de un sistema electrónico que capaz de controlar un enjambre de sistemas modulares.³³

El prototipo cuenta con módulos que tienen la misma estructura física (forma) que además, garantizan que el sistema de computación y comunicación se mantiene al añadirse más módulos a la estructura. Para el equipo de trabajo esto facilita la planificación al momento de abordar el problema de configuración de la estructura final. El sistema cuenta con módulos simétricos con formas que logran, por repetición, llenar un plano sin dejar espacios vacíos. De ahí el uso de módulos hexagonales.³⁴

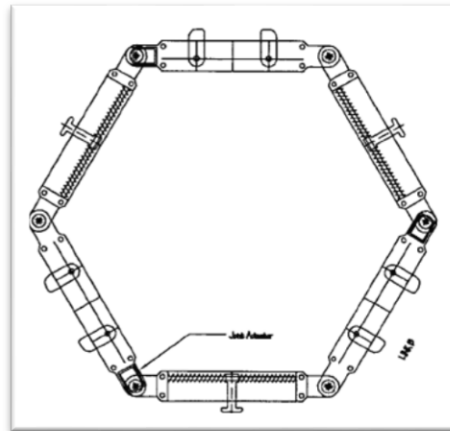
Al igual que los desarrollos posteriores, para este prototipo robótico fue necesario diseñar módulos capaces de realizar movimientos en los tres ejes de manera autónoma. Además, de permitir que se dieran uniones con los módulos adyacentes a través del uso de conectores electromagnéticos o electromecánicos. Estas uniones permiten a los módulos convertirse en una sola red y actuar como un solo objeto.³⁵

³³ PAMECHA, A., EBERT-UPHOFF, I., & CHIRIKJIAN, G. (Agosto de 1997). Useful Metrics for Modular Robot Motion Planning. IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 13(4), 531 – 545.

³⁴ Ibid

³⁵ Ibid

Ilustración 12. Modulo hexagonal básico.



Fuente: "Useful metrics for modular robot motion planning"

2.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

2.2.1 Cámara térmica. Una cámara térmica es un tipo de cámara que crea una imagen con luz infrarroja. Esta tecnología también puede llamarse de imágenes termográficas. A diferencia de la cámara fotográfica normal o las cámaras de vídeo, dispositivos que registran las diferentes longitudes de onda de la luz visible, estas cámaras detectan la luz invisible (Infrarrojo). En esencia, crean una representación visual de calor. La Cámara de red térmica AXIS Q1910 permite detectar personas, objetos e incidentes en absoluta oscuridad y en condiciones difíciles, como humo, bruma, polvo y niebla ligera. **Ver ANEXO B.**³⁶

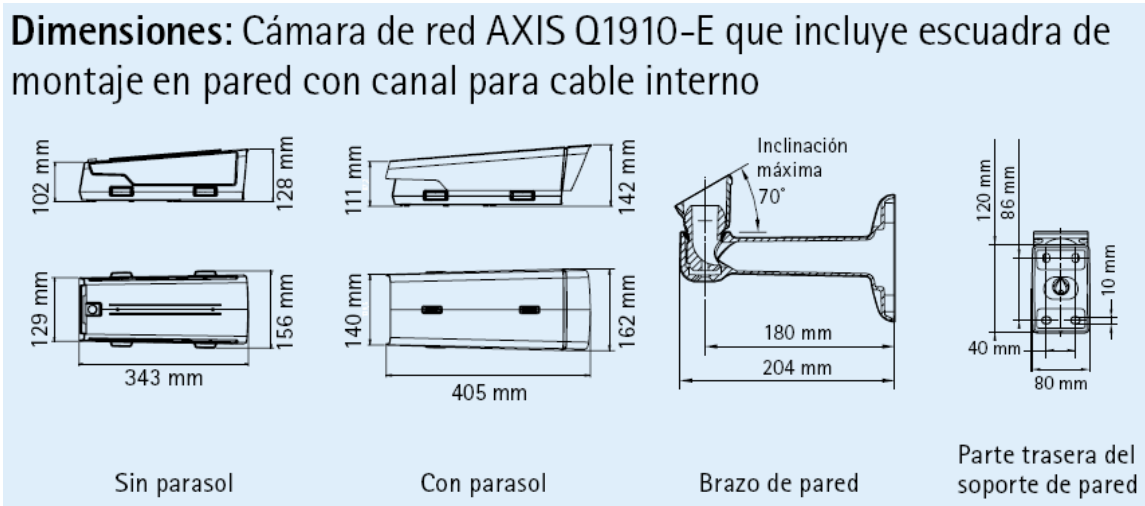
³⁶ Axis communications. (s.f.). Axis communications . Recuperado el noviembre de 2013, de <http://www.axis.com/es/products/video/selector/index.php>

Ilustración 13. Izquierda: Imagen captada por el ojo humano. Derecha: la misma imagen, captada por una cámara térmica.



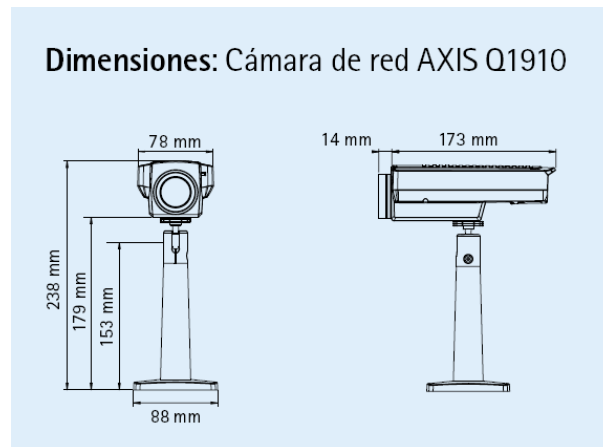
Fuente: <http://www.axis.com>

Ilustración 14. Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q1910-E.



Fuente: Página oficial www.axis.com

Ilustración 15. Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q1910.



Fuente: Página oficial www.axis.com

2.2.2 Cámara domo. La cámara domo AXIS Q6034 PTZ ofrece HDTV 720p, zoom óptico de 18x y movimiento horizontal y vertical de alta velocidad para lograr una cobertura excepcional en formato HDTV de grandes áreas y con mucho detalle al acercar la imagen. Diseñada para una instalación en interiores de forma fácil y fiable, es perfecta para utilizarla en aeropuertos, estaciones de tren, casinos, estadios y centros comerciales. **Ver ANEXO C.**³⁷

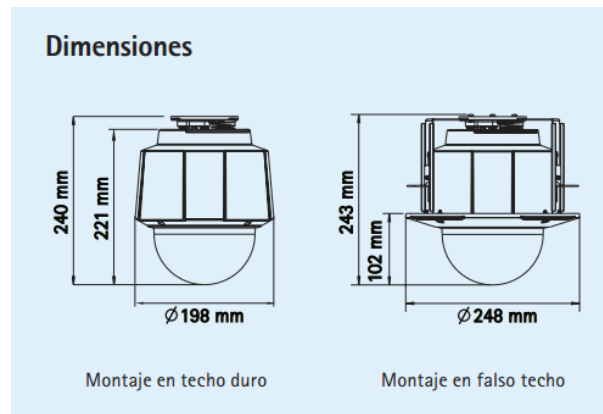
Ilustración 16. De izquierda a derecha se muestra el nivel de detalle que puede ser captado por el dispositivo de visión de domo.



Fuente: <http://www.axis.com>

³⁷ Ibid

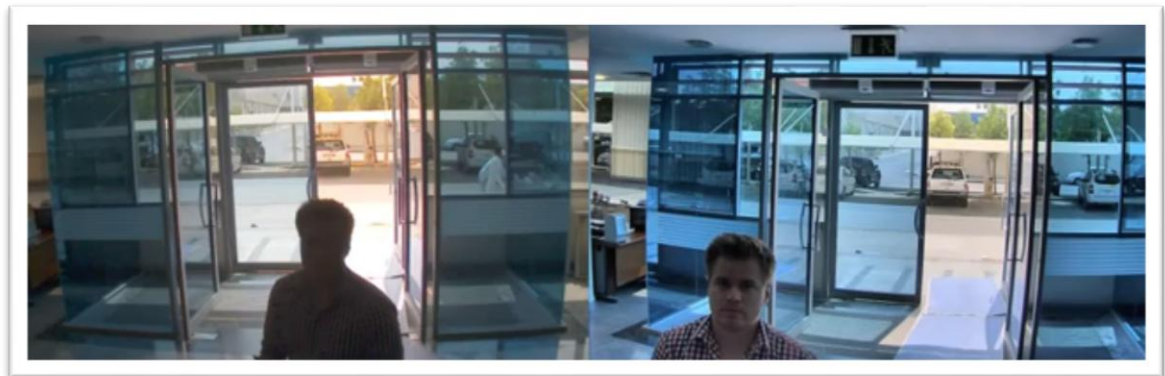
Ilustración 17. Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q6034 PTZ.



Fuente: Página oficial www.axis.com

2.2.3 Cámara de red (HD). La cámara AXIS Q16 es una cámara de red fija con características para satisfacer requisitos de aplicaciones exigentes. Es apta para entornos con condiciones de poca iluminación, y vigilancia en situaciones de iluminación variable. Ver ANEXO D.³⁸

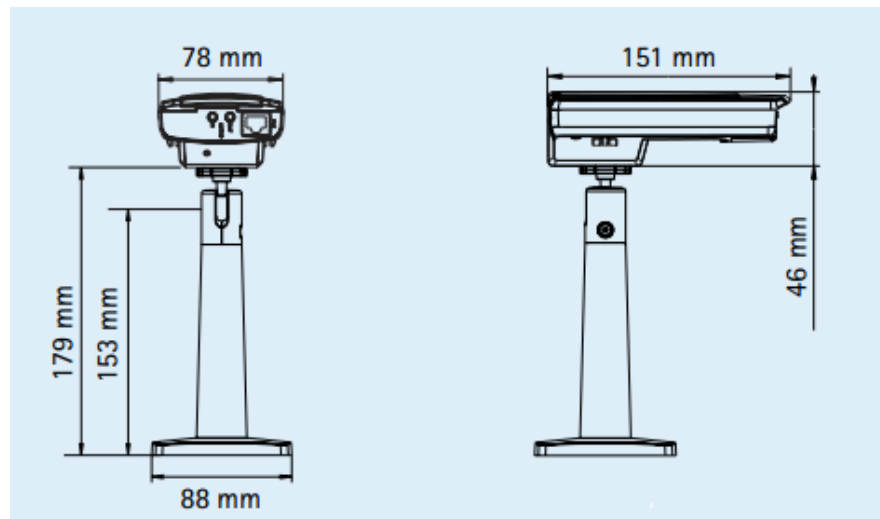
Ilustración 18. Izquierda: Imagen captada por una cámara común. Derecha: Imagen captada por la cámara HD.



Fuente: <http://www.axis.com>

³⁸ Ibid

Ilustración 19. Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q16



Fuente: Página oficial www.axis.com

2.2.4 Dispositivo iluminador. El iluminador AXIS T90A40 constituye un iluminador por LED blanco e infrarrojos de alto rendimiento diseñados para utilizarse con las cámaras de red Axis. Proporciona una flexibilidad única de modificar el ángulo de iluminación in situ para que se ajuste a las necesidades de seguridad específicas, y se adapte al campo de visión de la cámara de red. **Ver ANEXO E.**

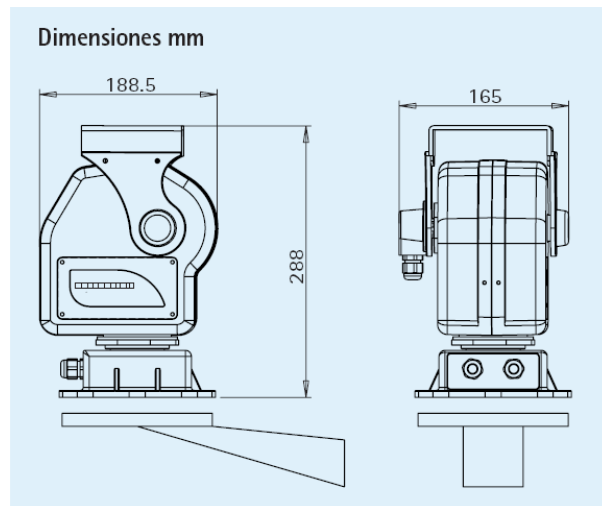
Ilustración 20. Iluminador dispositivo AXIS T90A40.



Fuente: Autores del proyecto.

2.2.5 Motor de posicionamiento. El motor de posicionamiento horizontal y vertical YP3040 es un accesorio opcional para las cámaras de red fijas de Axis. Es perfecto para aquellos casos en los que haga falta una solución rentable para ajustar con mayor precisión el campo de visión de una cámara. **Ver ANEXO F.**³⁹

Ilustración 21. Planos de dimensiones generales para la cámara de red AXIS Q16.



Fuente: Página oficial www.axis.com

2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS: DE LA INFORMACIÓN A LAS VARIABLES DE DISEÑO

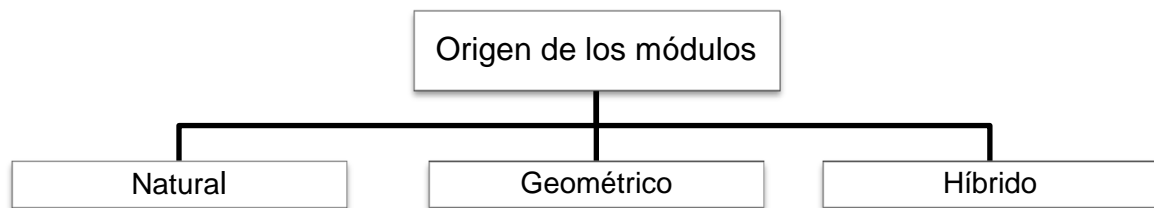
La modularidad implementada como concepto base para el desarrollo de los prototipos robóticos ofrece la posibilidad de tener un proceso de producción controlado, económico y a través del cual, es posible aprovechar al máximo los recursos con los que se cuenta.

³⁹ Ibid

Luego del análisis en el capítulo anterior se observó una clara clasificación acerca del origen o inspiración para la forma-función de los módulos. Dicha clasificación se presenta como natural, geométrica e Híbrido, tal como se observa en la ilustración 13.

Por su parte, la configuración de las estructuras a través de los módulos se clasifica, según lo observado, en dos clases, estructuras de módulos heterogéneos y estructuras con módulos homogéneos tal como se muestra en la ilustración 14.

Ilustración 22. Clasificación de los módulos según el origen. Proceso de diseño.

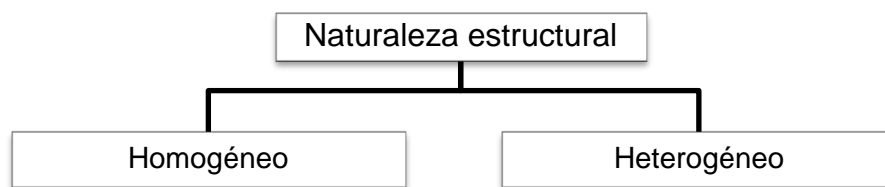


Natural: Se trabaja a partir de principios y conceptos validados por la naturaleza. El equipo de trabajo determina las variables que condicionan la ejecución de las labores y configuran el diseño de módulos basándose en la biónica animal o en comportamientos celulares.

Geométrico: Se usan figuras inorgánicas para la solución de problemas estructurales. Las configuraciones estructurales deben ser sometidas a pruebas para determinar la efectividad de los elementos modulares. La autoconfiguración de la estructura se facilita al igual que la adaptación del sistema interno electrónico al módulo.

Híbrido: El diseño de módulos parte de principios de la naturaleza y los complementa con el uso de formas geométricas. Las respuestas a problemas de desplazamiento, orden de los elementos, conexión de los módulos o comportamientos de cargas se solucionan complementando la geometría con los conceptos naturales.

Ilustración 23. Clasificación de los módulos según el ordenamiento interno de la estructura. Repetición de los módulos.



Homogéneos: A partir del diseño de un solo módulo se configuran las estructuras robóticas. El diseño de elementos iguales facilita el proceso de fabricación, reduce costos y permite que las piezas sean sustituidas rápidamente de ser necesario. Se requiere un sistema robusto y una compleja programación para responder de forma adecuada a los requerimientos del proyecto.

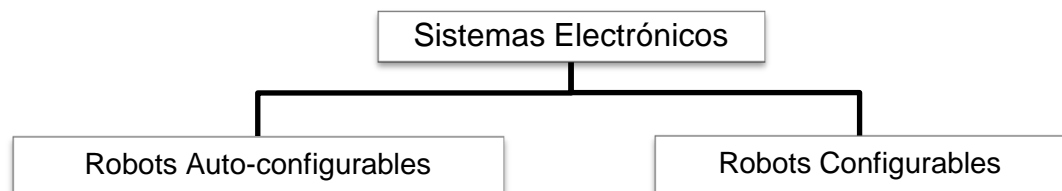
Heterogéneos: Las tareas de la estructura son repartidas para ser ejecutadas por módulos especializados. La programación de los circuitos y el software resulta menos complejo debido al diseño de módulos para las tareas a desarrollar. La configuración final de la estructura se realiza en menor tiempo y con los módulos y elementos necesarios para abordar las misiones.

Acople de módulos: Las estructuras de los prototipos analizados cuentan con elementos modulares que permiten configurar estructuras más complejas y especializadas independientemente de los módulos vecinos. Los puntos de conexión de los módulos deben permitir la fluidez de la información y los recursos energéticos a través de la estructura sin tener en cuenta el orden de los

elementos. Es decir, la capacidad de respuesta del robot se garantiza pues los módulos y la configuración de los sistemas electrónicos internos están directamente relacionados.

A continuación, en la figura 15 se establecen las clasificaciones de los robots a partir de la complejidad de sus sistemas electrónicos internos y de respuesta ante las características del entorno.

Ilustración 24. Clasificación de los robots según la complejidad de los sistemas de recolección de señales. Comportamiento autónomo y toma de decisiones.



Robots auto-configurables: Sus sistemas internos y el software le permiten a las estructuras recibir señales del entorno y reaccionar adecuadamente a los estímulos. Son sistemas robustos debido a la cantidad de información que deben recibir y las posibles respuestas que deben ejecutar ante determinada información. Un controlador interno es el que se encarga de reacomodar la estructura de acuerdo a las señales que recibe a través de los sensores. En la mayoría de desarrollos, los módulos de robots auto-configurables cuentan con un sistema electrónico que se distribuye por igual en todos los elementos, esto con el fin de garantizar que están en condiciones de adaptarse y enviar información.

Robots configurables: Los sistemas se configuran para realizar ciertas acciones de manera autónoma, sin embargo sus sistemas no son tan sofisticados y deben ser guiados en la ejecución de las tareas a través de un control maestro a distancia. Los sistemas se configuran para realizar ciertas acciones de manera

autónoma, sin embargo sus sistemas no son tan sofisticados y deben ser guiados en la ejecución de las tareas a través de un control maestro a distancia. Se configuran, dentro del proceso de diseño, módulos especializados en el control de la estructura y los módulos adyacentes con el fin de que sean ellos los encargados de distribuir la información recibida del control maestro.

3. METODOLOGÍA PROYECTUAL

Parte de la Metodología que se utilizó está basada en el libro ***Diseño y desarrollo de productos*** de los autores Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, editorial McGraw-Hill, cuarta edición. Esta consiste en una serie de fases que llevan a la fabricación del producto las cuales se encuentran establecidas en actividades que deben realizarse para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, de estas actividades hemos tomado las siguientes para nuestro proyecto de diseño:

3.1 PLANEACIÓN

3.1.1 Estado del arte. Se realizó una revisión de los avances en el campo de robots modulares y estructuras robóticas en general. Abriendo paso a un análisis de la tarea para la que fueron creados y los mecanismos que usan para llevar a cabo dicha labor.

La información recopilada fue clasificada con el fin de comenzar a encaminar los propósitos del proyecto, contemplar posibles variables a futuro, limitar alcances y dirigir el trabajo en base a desarrollos anteriores. Se usaron motores de búsqueda para lograr reunir la información que luego fue analizada a detalle para lograr reunir solo los artículos que realmente aportan información relevante para el desarrollo del proyecto.

3.1.2 Identificación de las necesidades. Una de las fases más importantes fue la correcta identificación de las necesidades. Para establecerlas se recurrió a entrevista abierta, la cual se aplicó a los expertos de las áreas involucradas en el desarrollo del proyecto. De esta forma se pudieron conocer los requerimientos respecto a los dispositivos que se implementaron en la estructura. Se complementó la búsqueda con bibliografía acerca del tema.

3.1.3 Interpretación de las necesidades. La segunda fase consistió en una reinterpretación de las necesidades en términos de requerimiento y elementos de diseño. Estos fueron los pilares sobre los que se desarrolló el diseño de las propuestas.

Los requerimientos fueron establecidos en función de proporcionar seguridad, eficiencia y efectividad de la estructura modular sobre la plataforma móvil. Cada una de los bocetos y alternativas de diseño estuvieron puestas a prueba usando los requerimientos como factores de evaluación.

3.1.4 Especificaciones del producto. Cada uno de los requerimientos hallados debió ser expresado a su vez en términos de parámetros. Es decir, cantidades que se pudieran ser cuantificables. Estas cantidades medibles permitieron realizar la prueba y obtener los puntos de comparación entre alternativas. Estos requerimientos y parámetros en conclusión, fueron los puntos sobre los cuales estuvo apoyada la comprobación del cumplimiento de las metas trazadas desde el comienzo del proyecto.

3.2 DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

3.2.1 Generación de concepto (bocetación). En esta fase se dio inicio a la bocetación de alternativas. Cada concepto propuesto estuvo en función de los aspectos más relevantes definidos durante el estado del arte. Las alternativas debieron ser evaluadas para determinar cuáles son las más apropiadas para continuar en el proceso de diseño.

3.2.2 Evaluación de concepto (evaluación de alternativas). Con la evaluación se buscó el cumplimiento de los requisitos y parámetros de diseño necesarios para asegurar el funcionamiento adecuado de la estructura y los componentes modulares.

La evaluación se llevó a cabo con la implementación de una matriz QFD (Quality Function Development). Se complementó el estudio con el análisis de la estructura en un programa de simulación de carga para obtener datos y registros del comportamiento estructural de los módulos.

3.3 DISEÑO A DETALLE

3.3.1 Propuesta seleccionada. A cada propuesta se le aplicó un método de evaluación con los expertos. Aquellas alternativas que cumplieron con los requerimientos y parámetros establecidos, fueron nuevamente evaluadas desarrollándolas a nivel de detalle.

Para determinar la viabilidad de la parte electrónica se contó con el apoyo de los profesionales de Tecnoparque SENA, quienes establecieron las posibilidades de construcción de las alternativas.

3.3.2 Evaluación de la alternativa final. El objetivo de esta fase fue el refinamiento y la comprobación de la propuesta final y detectar posibles fallas y elementos susceptibles de mejoras. Encontrar esas características que permitan lograr un mejor diseño y reúna los puntos clave definidos al comienzo.

4. PROCESO DE DISEÑO

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES PARA EL DISEÑO

El primer plano de referencia en el que se basó esta etapa del proceso de diseño estuvo directamente relacionado con los aspectos identificados luego del análisis del estado del arte. La identificación de las características y la clasificación de los atributos de las estructuras analizadas formaron el primer punto de referencia.

Sin embargo, no era suficiente pues existían, de forma implícita, sistemas necesarios para el funcionamiento de los dispositivos que requirieron un diseño a detalle para la correcta ubicación de los componentes. Dichos sistemas son los que permiten alimentación de los dispositivos y la ubicación del el modem para la recepción de datos. Gracias a la lectura de los manuales de uso y la identificación de las características técnicas para el correcto funcionamiento de los dispositivos, se lograron establecer aquellas necesidades.

Finalmente, para llevar esta etapa a cabo se realizó una entrevista con los profesionales de las distintas áreas involucradas en el desarrollo del proyecto. De esta manera se identificaron las necesidades a cubrir y posteriormente los requerimientos. Se abordaron los aspectos técnicos, tecnológicos, dispositivos a implementar y se tuvieron en cuenta algunos de los factores de los entornos a los que espera el robot sea sometido. De esa forma pudo garantizar que la propuesta generada ofreciera una respuesta adecuada a las distintas situaciones de misión.

4.1.1 Protocolo entrevista

Objetivo General.

Recolectar datos relevantes para el planteamiento de los requerimientos del proyecto. De esa manera se buscaba optimizar los recursos que nos presenta Tecnoparque Sena para el diseño y construcción de la estructura modular.

Objetivos Específicos

- Recolectar datos sobre el uso de los dispositivos en el desarrollo de las misiones, establecer los requerimientos técnicos de las cámaras, aclarar los factores que puedan influir en la estructura, entre otros.
- Justificar el desarrollo del proyecto y la estructura modular para el montaje de los dispositivos sobre la plataforma robótica de Tecnoparque SENA.
- Documentar los datos obtenidos.

Desarrollo de la entrevista. La entrevista se llevó a cabo en las instalaciones de Tecnoparque (Centro cultural del Oriente). Se contó con la participación del ingeniero electrónico líder del proyecto del desarrollo del robot. Los conocimientos del experto dieron el punto de partida para comenzar a establecer los requerimientos que la estructura debe cumplir para responder adecuadamente a las situaciones de las distintas misiones.

La entrevista se inició con un saludo y una breve introducción acerca del objetivo de la entrevista. Se prepararon los materiales (cámara de video, grabadora de sonido, hoja de preguntas, libreta de notas) luego se procedió a realizar las preguntas. La entrevista se planteó con una duración aproximada de 25 minutos, luego se agradeció la atención prestada y se realizó la respectiva despedida. Finalmente se registran los datos y se concluye los aportes de la entrevista para el proyecto. **Ver ANEXO A.**

4.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

A continuación se presenta una tabla con las necesidades identificadas en el análisis posterior a la realización de la entrevista. Algunos aspectos se establecieron de los requerimientos técnicos de las cámaras haciendo lectura de los manuales correspondientes.

Para abordar correctamente el diseño de la estructura se profundizó en los temas relacionados con la implementación de los sistemas anexos de la plataforma y los circuitos que se requieren para el funcionamiento. Todos estos aspectos, relevantes dentro del diseño, se complementaron ofreciendo lo necesario para la correcta ejecución de las funciones por parte de la plataforma móvil robótica y su correspondiente estructura modular.

Tabla 1. Necesidades identificadas luego de la aplicación de la entrevista.

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
Objetivo del proyecto	Estructura móvil modular	La estructura debe permitir el montaje de los módulos, además de los dispositivos de visión.
	Realizar tareas de inspección y exploración	La estructura debe permitir el montaje los dispositivos de visión y en un futuro montaje de otros dispositivos de recolección de datos. La propuesta es una fase inicial del macro-proyecto propuesto por Tecnoparque SENA
	Funcione en varios escenarios y entornos.	La estructura debe proteger las cámaras y los circuitos internos de los factores del entorno y climáticos. Además de garantizar el funcionamiento adecuado de la plataforma móvil robótica. La propuesta debe contar con un juego de carcasas de protección para cada dispositivo de visión.
Justificación del proyecto	Desarrollo de la primera fase del macro-proyecto de robot de exploración, inspección y	El diseño de una estructura que funcione como una herramienta para uso regional.

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
	rescate orientado a las condiciones del terreno Santandereano.	
	Aumento de la explotación minera.	La estructura y el montaje sobre la plataforma deben responder a situaciones de emergencia y desastre.
	Ejecutar tareas de exploración	El diseño de la estructura debe permitir el montaje de los componentes y la correcta implementación de los dispositivos
	Auge en el desarrollo electrónico y robótico de la región.	El desarrollo de la estructura se apoya en el uso de los recursos disponibles en Tecnoparque SENA.
Tareas de las plataforma	Ejecución de tareas de exploración e inspección en terrenos de difícil acceso o entornos semi-construidos.	La estructura debe contar con un sistema de acople que fije y asegure tanto los módulos como los dispositivos de visión implementados en la misión.
	La plataforma debe desempeñar tareas de exploración en áreas remotas donde no estará presente el usuario.	La posición de los dispositivos de visión debe brindar la recolección de datos necesaria para la toma de decisiones por parte del operador. Se contará dentro de la estructura con los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios.
	Realizar tareas que permitan colaborar con el salvamento de personas.	El desarrollo de la propuesta se encuentra en la primera fase, orientada a tareas de exploración e inspección. Sin embargo la estructura modular debe permitir la implementación de otros tipos de dispositivos a futuro, ampliando la plataforma a nuevas tareas.
Terrenos de uso	La estructura debe desempeñar labores al interior de estructuras colapsadas.	La estructura modular debe contar con la posibilidad de ejecutar movimientos de los dispositivos de visión. Esto con el fin de tener la posibilidad de leer el entorno.
		La estructura debe manejar dimensiones de las piezas y de los componentes modulares de acuerdo a la proporción de la plataforma. Esto con el fin de garantizar la versatilidad de la plataforma y su respuesta a las condiciones del entorno.

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
	Escenarios con cierto grado de contaminación de gases.	La plataforma en un futuro debe permitir la implementación de otros dispositivos de recolección de datos usando los módulos.
	Otro tipo de escenarios son los entornos agrestes.	El diseño de la estructura debe contemplar la protección de los dispositivos de visión a usar. Evitar los golpes directos a las cámaras.
		Los housing que se hagan parte de la propuesta deben cumplir con los parámetros de protección que tienen las carcasas de las cámaras comercialmente.
	La plataforma robótica debe ejecutar tareas en áreas no exploradas por el hombre.	Debido a las posibles combinaciones de cámaras existentes, según la misión a ejecutar, la propuesta debe contar con la protección (housing) para cada dispositivo de visión.
		La propuesta debe mantener ángulo de visión adecuado para cada cámara individualmente, así mismo como en cada una de sus respectivas combinaciones.
Terrenos de uso	Las tareas de exploración e inspección han de realizarse en escenarios como minas.	Debido a las condiciones de los terrenos, la estructura debe proteger los dispositivos implementados y los circuitos electrónicos internos. Salvaguardar las cámaras de los factores ambientales.
	Existen escenarios con alta polución.	La propuesta ha de contar con un espacio diseñado para el montaje de un dispositivo de iluminación especializado para las cámaras.
Dispositivos a implementar	Cámara Domo	Se requiere una estructura que permita mantener a la cámara suspendida a una distancia mínima del suelo para garantizar el funcionamiento.
		La estructura debe funcionar como soporte del peso de la cámara domo.
		La estructura tendrá unos grados de libertad que permitan el desplazamiento (limitado) de la cámara, esto con el fin

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
		<p>de realizar un barrido en el entorno explorado.</p> <p>La implementación de la cámara domo limita el uso de la plataforma únicamente a terrenos amplios. Se orienta más a labores de exploración a campo abierto.</p>
Dispositivos a implementar	<p>Cámara HD.</p> <p>Cámara térmica de largo alcance.</p>	<p>La cámara carece de movimiento. Por lo que la propuesta debe ofrecer los grados de libertad necesarios para realizar un barrido, tanto vertical como horizontalmente, del entorno en que se encuentra.</p> <p>El housing de la cámara debe protegerlo de los factores climáticos y del entorno en el que se encuentra la plataforma.</p> <p>La estructura cuenta con un sistema de ajuste para la protección de la cámara.</p>
	<p>Motor</p>	<p>El dispositivo se usa de según la misión y para una combinación de cámaras establecida. Un módulo diseñado con estructura interna y con el sistema de ajuste básico.</p>
	<p>Iluminador.</p>	<p>El uso dependerá de las condiciones de luz del entorno, por lo que la estructura debe permitir el montaje del dispositivo</p>
		<p>La estructura de soporte permite la posición correcta.</p>
		<p>Birnda la protección de las entradas de datos y alimentación de los factores del entorno.</p>
	<p>Entradas de los módulos</p>	<p>Entrada 12 voltios dc - 24 voltios a y entrada Ethernet.</p> <p>Entrada Ethernet únicamente.</p>
<p>Combinación de los dispositivos planteados</p>	<p>(Cámara con housing) + (Cámara con housing)</p> <p>(Cámara con housing) +</p>	<p>El diseño de la estructura y los correspondientes módulos deben garantizar el montaje de las distintas combinaciones de dispositivos.</p>

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
	<p>(Cámara con housing) + (Motor)</p> <p>(Cámara con housing) + (Cámara Domo)</p> <p>(Cámara carcasa propuesta) + (Cámara Domo)</p> <p>(Cámara carcasa propuesta) + (Cámara carcasa propuesta)</p> <p><i>Debido a las dimensiones de la plataforma, la cámara Domo y del motor, es probable que no se pueda hacer un montaje en donde vayan juntos</i></p> <p><i>El dispositivo iluminador depende de las condiciones del entorno.</i></p>	<p>Las carcasas que formarán parte de la propuesta de diseño deben cumplir el papel de protección que realiza el housing estándar de las cámaras ante factores como el agua y el polvo.</p> <hr/> <p>La ubicación de las cámaras en la plataforma debe garantizar la correcta recolección de datos durante la ejecución de la misión.</p>
<p>Aspectos relevantes dentro del marco de desarrollo del proyecto</p>	<p>Modularidad</p>	<p>Los módulos de la estructura deben ser sencillos y ofrecer la seguridad de los dispositivos, implementando acoples básicos.</p> <hr/> <p>El proyecto corresponde a la primera fase de desarrollo, por lo que se hace necesario diseñar módulos que permitan a futuro, la implementación de nuevos sistemas y dispositivos de recolección de datos.</p> <hr/> <p>La estructura debe contar con un sistema de realce para situaciones de poca luz, que permitan hacer visible a la plataforma al ojo humano</p>
<p>Aspectos relevantes dentro del marco de</p>	<p>Acople básico</p>	<p>El montaje de la estructura se debe en el menor número de pasos usando acoples básicos.</p>

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
desarrollo del proyecto		Los acoples deben garantizar la correcta sujeción de los módulos a la estructura.
		De igual manera, los módulos deben garantizar la correcta sujeción de los dispositivos de visión.
		Debe evitarse la obstrucción de los sistemas de acoples por elementos del entorno. En dado caso que ocurra, el sistema debe permitir una realizar tareas de revisión y acceso para limpieza.
	Resista la humedad y resguarde de la polución del entorno.	Debido a que no hay control sobre las condiciones del entorno, la plataforma modular debe permitir la protección de los dispositivos y las conexiones de factores como el agua y el polvo del aire.
La estructura debe evitar el empozamiento de agua. Con el fin de evitar accidentes o cortos circuitos en la plataforma.		
Aspectos relevantes dentro del marco de desarrollo del proyecto	Interacción entre los módulos	El diseño de los módulos debe permitir el montaje de distintos dispositivos, sin tener en cuenta de la ubicación del módulo.
		Los grados de libertad con los que cuenta la estructura deben ser posibles de manejar cada uno de forma independiente por parte del usuario.
Aspectos relevantes dentro del marco de desarrollo del proyecto	Interacción entre los módulos	Para la primera fase de desarrollo, la estructura contará con un mínimo de módulos, sin embargo, en un futuro se espera poder agregar más elementos modulares y abrir la plataforma a nuevas funciones y tareas.
	conexión y una plataforma robusta	La plataforma debe sostener los dispositivos durante la ejecución de las tareas de exploración. Evitando cualquier accidente por piezas sueltas.
		Las entradas de alimentación y datos estarán disponibles para la implementación de los dispositivos de forma sencilla.
		La ubicación de las entradas de alimentación y datos no debe limitar la ubicación de los dispositivos. Debe ser una

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
	Una estructura que brinde protección a los dispositivos de visión, de control y las conexiones de la plataforma (entrada de datos y alimentación de los sistemas)	<p>plataforma que permita la conexión y el montaje independientemente de la ubicación de las cámaras.</p> <p>El diseño de la estructura debe proteger las entradas y salidas de datos de factores como el agua y el polvo, que afectan el correcto desempeño de la estructura.</p> <p>La ubicación de las cámaras debe mantenerse dentro de las dimensiones de la plataforma, esto con el fin de evitar accidentes por golpes con elementos externos.</p>
Aspectos relevantes dentro del marco de desarrollo del proyecto	Punto de acople	<p>Por el espacio disponible, el motor y la cámara domo no estarán disponibles en una misma combinación. ** Evaluar alternativa (!)</p> <p>Los acoples deben ser de ajuste sencillo. Garantizando la sujeción durante el movimiento de la plataforma y ejecución de la misión.</p> <p>Se debe realizar un montaje de las combinaciones establecidas sobre la plataforma independientemente de los módulos y los dispositivos involucrados.</p> <p>Debe existir un acople que permita sujetar los dispositivos de visión a los módulos. A su vez, la plataforma debe contar con un sistema de agarre seguro para los módulos.</p> <p>La estructura modular debe permitir el movimiento de los dispositivos de visión por lo menos en dos grados de libertad.</p>
Uso del housing (protección de los dispositivos de visión)	Los dispositivos de visión son delicados. Deben contar siempre con un elemento de protección (housing)	<p>Las cámaras nunca deben ir desprotegidas en el desarrollo de una misión debido a los factores ambientales y condiciones del terreno.</p> <p>En la propuesta se debe contar con el desarrollo de una protección especial (carcasa), que permita a las cámaras ejecutar las tareas de exploración en situaciones que se desee evitar el uso del housing convencional.</p>
Uso del housing (protección de los dispositivos de	Los dispositivos de visión son delicados. Deben contar siempre con un elemento de	El diseño de una carcasa para la protección debe reducir el peso y el volumen de los dispositivos de visión. La reducción de estos aspectos es crucial al momento de

PREGUNTA	ENUNCIADO SEGÚN EXPERTO	NECESIDAD INTERPRETADA
visión)	protección (housing)	realizar las tareas de exploración.
		La estructura modular y las carcasas parte de la propuesta de diseño deben resguardar la plataforma de la acción del agua y la acumulación del polvo.

Fuente: Autores del proyecto.

4.3 JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES

Siguiendo con el proceso de diseño y luego de haberse llevado a cabo la entrevista, se procedió a clasificar e identificar las necesidades del proyecto. Debido a que se requiere una escala de valores para la respectiva jerarquización, se hizo uso de los valores propuestos en la metodología de Karl Ulrich en la que se ordenan según el grado de importancia siendo 3 muy importante y 1 poco importante. Debido al número de necesidades identificadas durante esta etapa del proceso, una jerarquización a partir del uso de este rango de valores facilita el ordenamiento, la toma de decisiones y permite la respectiva evaluación de cada uno de los conceptos involucrados por parte del equipo de expertos de Tecnoparque SENA.

Para el desarrollo de este proceso de identificación de necesidades, se acordó junto al equipo de expertos calificar como “muy importante” aquellas necesidades que relacionadas con la configuración de la estructura y los sistemas de acoples de las misma. Además de aquellos aspectos relevantes como la seguridad de los dispositivos de visión, el soporte adecuado de las cargas y la posibilidad de generar combinaciones a partir del uso de los componentes estructurales.

De igual manera se le otorgó el valor de 2 a aquellos atributos de la estructura que se relacionaban con la respuesta a los factores del entorno y de aquellos en los que se especificaba el diseño de los espacios necesarios para la ubicación de los

sistemas electrónicos, de alimentación y de datos. Se incluyen en este rango también la ubicación adecuada de los dispositivos y la ejecución de labores de mantenimiento.

En el menor nivel de jerarquía se clasificaron aquellos atributos relacionados con los dispositivos de apoyo como el iluminador, además de los factores que identifican el desarrollo del proyecto y que interesan al equipo de Tecnoparque SENA. A continuación se presenta la tabla de jerarquización de las necesidades partiendo del análisis de la entrevista (**Ver ANEXO A**).

Tabla 2. Tabla de jerarquización de las necesidades.

NUM.	NECESIDAD INTERPRETADA	IMPORTANCIA
1	La estructura debe estar conformada por módulos sencillos	3
2	La estructura modular, en la primera fase de desarrollo, debe permitir el montaje de los dispositivos de visión disponibles.	3
3	La estructura modular debe funcionar como una plataforma abierta permitiendo la implementación de otros dispositivos de recolección de datos y sistemas electrónicos en un futuro.	2
4	La estructura debe proteger los dispositivos de visión, los sistemas electrónicos y entradas de alimentación de datos y recursos energéticos de los factores del clima y las condiciones del entorno.	3
5	La estructura modular cuenta con un juego de carcasas de protección para las cámaras HD y visión térmica.	2
6	Las carcasas de la propuesta deben resistir los cambios climáticos.	2
7	La propuesta de la estructura modular funciona como una herramienta para uso regional. (LIMITANTE DEL PROYECTO)	1
8	La estructura debe permitir un montaje de los componentes modulares y a su vez la correcta implementación de los dispositivos de visión.	3
9	La estructura debe permitir el montaje de más componentes modulares dependiendo de la tarea o misión a ejecutar.	2
10	La estructura modular debe responder a las condiciones de los entornos semi-construidos o de difícil acceso que entorpezcan el correcto desempeño de la plataforma.	2

NUM.	NECESIDAD INTERPRETADA	IMPORTANCIA
11	La estructura modular y el respectivo desarrollo se apoyan en el uso de los recursos disponibles en Tecnoparque SENA. (LIMITANTE DEL PROYECTO)	1
12	La estructura debe contar con un sistema de acople asegure tanto los módulos como los dispositivos de visión implementados en la misión.	3
13	La estructura modular contará, dentro de la configuración, con los espacios para la ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios.	2
14	La estructura modular evita que las cámaras tengan obstáculos que entorpezcan el ángulo de visión. Aprovechando el ángulo de visión de las cámaras y la recolección de información para la toma de decisiones.	3
15	La estructura debe evitar el sobredimensionamiento de las piezas y componentes modulares.	2
16	La estructura modular debe permitir el aprovechamiento de los recursos adquiridos por Tecnoparque SENA. La plataforma y los dispositivos de visión forman parte de un macro-proyecto desarrollado por fases. (LIMITANTE DEL PROYECTO)	1
17	La estructura debe permitir el montaje de las diferentes combinaciones disponibles de las cámaras y de los dispositivos complementarios para la ejecución de misiones.	3
18	La estructura modular debe contar con la posibilidad de ejecutar movimientos, en dos grados de libertad, de los dispositivos de visión HD y térmica. Esto con el fin de obtener una lectura completa del entorno.	3
19	El diseño de la estructura debe contemplar la protección de los dispositivos de visión a usar. Evitar los golpes directos a las cámaras.	2
20	Las carcasas que hacen parte de la propuesta deben ofrecer protección durante un tiempo limitado.	1
21	La estructura modular ha de contar con un espacio diseñado para el montaje del dispositivo de iluminación especialmente diseñado para las cámaras. Así mismo, cada uno de los dispositivos complementarios como el motor y módems de alimentación del sistema.	2
22	La estructura modular debe soportar el peso de las cámaras y sus distintas combinaciones. Incluido el peso de la estructura y las fuerzas externas que actúan sobre la plataforma.	3
23	En la estructura, las cámara HD y térmica deben apuntar al mismo punto de visión. Esto facilitará la ejecución de las tareas de exploración.	2

NUM.	NECESIDAD INTERPRETADA	IMPORTANCIA
24	Las carcasas que forman parte de la propuesta de diseño deben proteger a las cámaras de los factores de agua y polvo.	2
25	Se debe considerar el diseño de una estructura que permita mantener la cámara domo suspendida a una distancia mínima del suelo para garantizar el funcionamiento del dispositivo. El dispositivo requiere una elevación para que el ángulo de visión sea efectivo.	3
26	La estructura tendrá unos grados de libertad que permitan el desplazamiento (limitado) de la cámara domo, esto con el fin de realizar un barrido en el entorno explorado.	2
27	La implementación de la cámara domo limita el uso de la plataforma únicamente a terrenos amplios. Se orienta más a labores de exploración a campo abierto.	3
28	Los módulos cuentan con un sistema de acople que asegure las cámaras HD, térmica y la cámara domo. Además, los módulos permiten el montaje de los dispositivos como el iluminador y el motor.	3
29	La implementación del dispositivo de iluminación dependerá de las condiciones de luz del entorno. La estructura debe contar con un sistema de montaje del dispositivo según la misión.	2
30	La propuesta de la estructura debe proporcionar un sistema de ajuste que mantenga el dispositivo de iluminación en la posición correcta.	.1
31	El iluminador debe estar correctamente ubicado de tal manera que no influya negativamente en la recepción de imagen que realiza la cámara térmica.	1
32	La estructura debe brindar la protección de las entradas de datos y alimentación de los factores del entorno para el iluminador.	1
33	La propuesta debe contar con módulos que permitan la implementación del motor y las distintas combinaciones de dispositivos que lo requieren.	2
34	El módulo para el montaje del motor debe ser un módulo con una estructura interna y con el sistema de ajuste indicado.	3
35	La propuesta debe tener en cuenta, dentro de la configuración, la ubicación de las conexiones de los dispositivos, los módems de control para la recolección de información y la fuente de alimentación energética.	3
36	El diseño de la estructura y los correspondientes módulos deben permitir el montaje de las distintas combinaciones de dispositivos.	3
37	Los módulos de la estructura deben ser sencillos. Ofrecer el ajuste de los dispositivos implementados y permitir el montaje y desmontaje de componentes.	3

NUM.	NECESIDAD INTERPRETADA	IMPORTANCIA
38	La estructura modular propuesta debe contar con un sistema de acople básico.	3
39	El montaje de la estructura debe poder realizarse en el menor número de pasos posibles.	2
40	La estructura modular debe contar con un lenguaje de uso sencillo. Tanto en el armado de la plataforma como en el ajuste de los dispositivos a los distintos módulos planteados.	3
41	Los acoples deben permitir la correcta sujeción de los módulos a la estructura.	3
42	Los acoples de los módulos deben ofrecer la correcta sujeción de los dispositivos de visión, iluminador y sistemas anexos.	3
43	Los acoples usados en la estructura deben evitar los errores por obstrucción de elementos del entorno.	2
44	Los acoples de la estructura deben permitir la realización de labores de revisión por parte del operador en caso que se presente algún inconveniente.	2
45	Los acoples deben permitir que el operador pueda realizar mantenimiento.	2
46	El diseño de los módulos debe permitir el montaje de distintos dispositivos, sin tener en cuenta de la ubicación del módulo al interior de la estructura.	1
47	Los grados de libertad con los que cuenta la estructura deben ser posibles de manejar, por parte del operario, cada uno de forma independiente.	2
48	Para la primera fase de desarrollo, la estructura contará con un mínimo de módulos, sin embargo, en un futuro se espera poder agregar más elementos modulares y abrir la plataforma a nuevas funciones y tareas.	2
49	Las entradas de alimentación y datos estarán ubicadas sobre la plataforma de tal manera que permitan la implementación de los dispositivos.	1
50	La ubicación de las entradas de alimentación y datos no debe limitar la ubicación de los dispositivos sobre la plataforma.	2
51	La ubicación de las cámaras debe mantenerse dentro de las dimensiones de la plataforma, esto con el fin de evitar accidentes por golpes con elementos externos.	1
52	La estructura debe evitar el empozamiento de agua. Con el fin de evitar accidentes o cortos circuitos en la plataforma.	3
53	El diseño de las carcasas para la protección de las cámaras debe reducir el peso y el volumen de los dispositivos de visión.	3

Fuente: Autores del proyecto.

4.4 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Después de realizar la identificación de necesidades se procede al establecimiento de las métricas.

Tabla 3. Tabla de especificaciones del proyecto.

NUM. MÉTRICA	NUM. NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORT.	UNID.	RANGO
1	1	Cantidad de módulos que conforman la estructura.	3	Número de módulos	3 – 6
2	2	Cantidad dispositivos de visión	3	Número de dispositivos	6
3	3 – 48	Diseño de estructura abierta	2	Número de dispositivos a implementar	1 – 8
4	4	Protección de los sistemas	3	Objetivo	Si
5	5	Carcasas para las cámaras parte de la propuesta de diseño	2	Número de carcasas	2
6	6	ABS destinado para la construcción de las carcasas que son parte de la propuesta de diseño	2	Normativa	Ip66
8	8	Implementación de los dispositivos y montaje de la estructura	3	Segundos	60 –180
9	9	Plataforma con posibilidad de combinación de dispositivos según la misión a ejecutar.	2	Objetivo	Si
10	10	Protección de la plataforma de las condiciones del entorno.	2	Objetivo	Si
12	12	Sistema de acople para los dispositivos de visión	3	N/A	N/A
13	13	Ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos	2	Cm	Área total: 23x74 Tercios: 23x27
14	14	Ángulo de visión de las cámaras	3	Grados	Cámara Domo: 0 – 360° 0 – 15°

NUM. MÉTRICA	NUM. NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORT.	UNID.	RANGO
					Cámara HD y Térmica: 0 a 180° (h) -45° a 45° (v)
15	15	Dimensión de la plataforma	2	Cm	25 * 25 * 50
16	16	Aprovechamiento de las características de los dispositivos de visión	1	Objetivo	Si
17	17	Implementación de las distintas combinaciones de dispositivos sobre la plataforma	3	Número de combinación de dispositivos	4 – 8
18	18	La estructura realiza movimientos con dos grados de libertad	3	Grados de libertad	Vertical Horizontal
19	19	Protección de los dispositivos	2	N/A	N/A
20	20	Las carcasas de la propuesta cumple con la protección durante tiempo limitado	1	Resistencia material	Ip66
				minutos	60
21	21	Estructura para el montaje de dispositivos complementarios	2	Objetivo	Si
22	22	Estructura que soporte el peso de los dispositivos	3	Resistencia material	Ip66
				Kg	6 – 12
23	23	Ajuste del ángulo de visión para las cámaras HD y térmica	2	Grados	0 a 180° (horizontal) -45° a 45° (vertical)
24	24	Protección de las cámaras del agua y del polvo	2	Objetivo	Si
25	25	Suspensión de la cámara domo	3	Resistencia material	Ip66
				Kg	4
				Cm (altura del suelo)	50

NUM. MÉTRICA	NUM. NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORT.	UNID.	RANGO
26	26	Desplazamiento de la cámara domo	2	Grados	Vertic: ±45 Horiz:±180
27	27	Uso de la cámara Domo para exteriores	3	N/A	N/A
28	28 – 42	Sistema de acople dispositivos – módulos	3	Objetivo	Si
29	29	Implementación dispositivo iluminador	2	Objetivo	Depende de las condiciones del entorno de la misión
30	30	Acomodación correcta del dispositivo iluminador	1	N/A	Debajo de la estructura, y de apoyo a la cámara HD
31	31	Interferencia del iluminador con la cámara térmica	1	Objetivo	Si
32	32	Protección de las entradas de datos y alimentación del iluminador	1	Objetivo	Si
33	33 – 36	Montaje de las distintas combinaciones de dispositivos	2	Número de combinaciones	4 – 8
34	34	Módulos adecuados para el montaje de dispositivos	3	Número de módulos necesarios	1 – 3
				Cm (Dimensiones del módulo)	23 x 16,8 x 5 (Tercios)
35	35	Ubicación de las conexiones de los dispositivos, módems de control y fuente de alimentación	3	Cm (Espacio virtual ocupado)	13.5x4x16 (Modem) 4x3x46 (Regleta)
				Conexión eléctrica	Entrada 12 voltios dc 24 voltios
				Conexión de datos	Entrada Ethernet.

NUM. MÉTRICA	NUM. NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORT.	UNID.	RANGO
36	37	Módulos con sistema de acople para el montaje	3	Número de herramientas a usar	1 – 3
37	38 – 39	Montaje de los componentes modulares para la configuración de la estructura	3	Número de pasos por módulo	3 – 6
				Segundos (por módulo)	5 – 15
38	40	Lenguaje de uso Estructura – módulos Módulos - Dispositivos	3	Segundos	60 - 180
39	41	Acople de los módulos a la estructura	3	Objetivo	Si
40	43	Posible mantenimiento de la plataforma al presentarse problemas por obstrucción	2	Objetivo	Si
41	44 - 45	Posibilidad de realizar mantenimiento y revisión de estructura	2	Segundos	30 – 60
				Número de herramientas a usar	1 – 3
42	46	Módulos sin ubicación fija al interior de la estructura	1	Cm	3
43	47	Grados de libertad con manipulación remota independiente	2	Objetivo	Si
				Grados de libertad	Vertical Horizontal
44	49	Entradas eléctricas y de datos necesarias	1	Entradas de alimentación (por dispositivo)	1 Eléctrica
				Entrada de datos (por dispositivo)	1 Ethernet
				Entradas por módulo (alimentación y datos)	1 – 2 (entradas dobles)

NUM. MÉTRICA	NUM. NECESIDAD	MÉTRICA	IMPORT.	UNID.	RANGO
45	50	Entradas de alimentación no deben limitar la ubicación de los dispositivos	2	Entradas dobles presentes en la plataforma	3 – 4
46	51	Ubicación de dispositivos dentro de las dimensiones de la plataforma	1	Cm (Dimensión base robótica)	
47	52	El agua debe fluir fuera de la estructura	3	N/A	N/A
48	53	Reducción del peso y dimensiones con el diseño de carcasas para las cámaras	3	Cm (Dispositivos con carcasa propuesta)	15x15x25
				Kg	3

Fuente: Autores del proyecto.

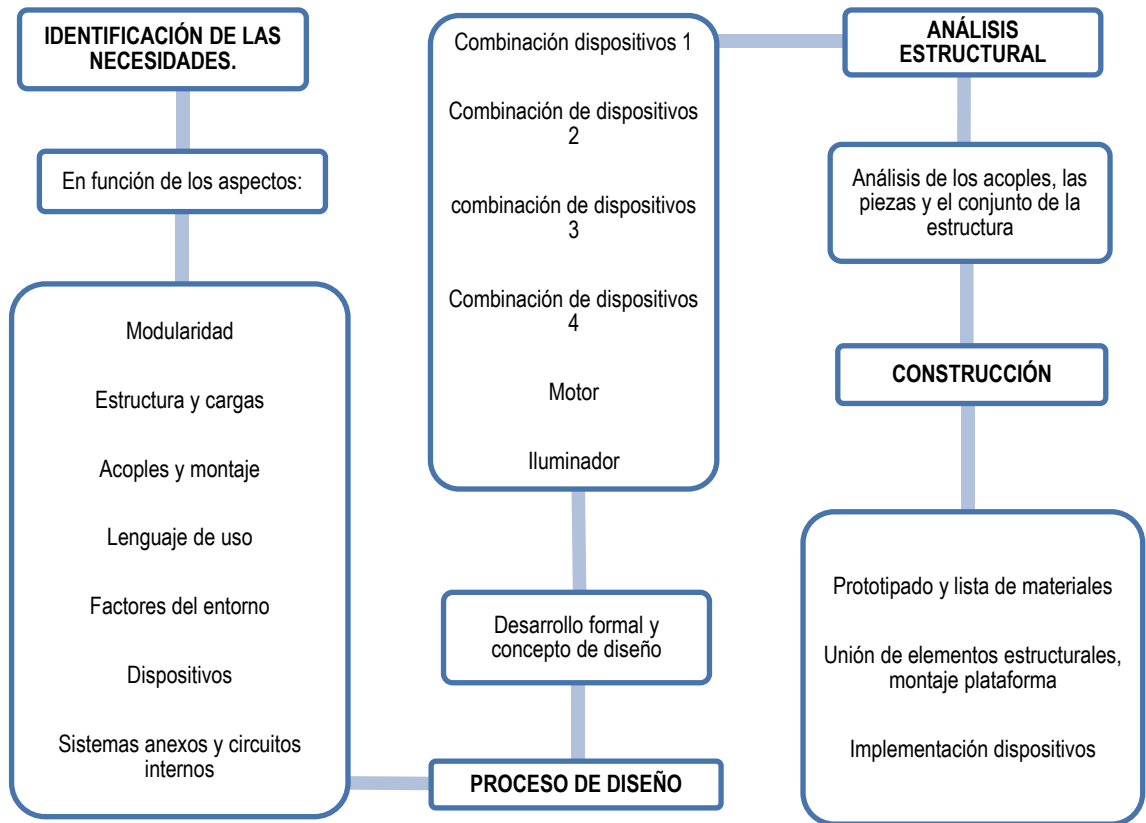
5. GENERACIÓN DE CONCEPTO

5.1 DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA

Para abordar el desarrollo de la propuesta de la estructura modular se realizó una descomposición del problema en tareas o subsistemas. Esta desintegración permitió resolver los diferentes aspectos del diseño de forma sencilla y abordar los parámetros, identificados en capítulos anteriores, de manera más efectiva. Se abordó el desarrollo de la propuesta de diseño de la estructura en función de las combinaciones de los dispositivos posibles. Seguir las pautas trazadas por el equipo de profesionales de Tecnoparque SENA permitió configurar una propuesta que respondió al cumplimiento de las metas dentro del desarrollo del proyecto.

5.1.1 Secuencia de análisis problema de diseño

Ilustración 25. Proceso de diseño en etapas.



Fuente: Autores del proyecto.

5.2 ASPECTOS DE DISEÑO

A continuación presentamos las necesidades identificadas anteriormente agrupadas en siete grandes aspectos técnicos relacionados con el diseño de la plataforma.

Tabla 4. Necesidades clasificadas según los aspectos técnicos.

NUM. NECESIDAD	PRIMER ASPECTO: MODULARIDAD
1 – 37	La estructura debe estar conformada por módulos sencillos
2	Los modulas deben permitir el montaje de los dispositivos de visión disponibles.
3 – 48	Diseño de módulos para una plataforma abierta. Implementación de dispositivos futuros
8	Montaje y ajuste de los componentes modulares
9	Montaje de más o menos componentes modulares dependiendo de la misión
15	Conservar la proporción de los componentes modulares respecto a la plataforma móvil
28 – 33 – 36	Los módulos permiten el montaje de los dispositivos de visión, iluminador y motor.
34	El módulo del motor debe contar con una estructura interna robusta y con un ajuste básico
46	Permitir el montaje de dispositivos sin tener en cuenta la ubicación en la estructura
NUM. NECESIDAD	SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS
4 – 19 – 32	La estructura protege a los dispositivos de visión, sistemas electrónicos y entradas de alimentación del entorno y golpes
12	La estructura debe contar con un sistema de acople que fije y asegure tanto los módulos como los dispositivos de visión
13	La estructura modular cuenta con los espacios para la ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios.
14	Evitar los obstáculos que entorpezcan el ángulo de visión.
17	La estructura debe permitir el montaje de las diferentes combinaciones de dispositivos
18 – 26	Posibilidad de movimiento en dos grados de libertad
21	Espacio para el montaje del dispositivo de iluminación, según sea necesario
22	La estructura modular debe soportar el peso de las cámaras y sus distintas combinaciones. Incluido el peso de la estructura y las fuerzas externas que actúan sobre la plataforma.
25	El diseño de una estructura que permita mantener la cámara como suspendida
30 – 29	Sistema de ajuste para la correcta ubicación del dispositivo de iluminación
35	La propuesta debe tener en cuenta la ubicación de las conexiones de los dispositivos, los módems de y la fuente de alimentación energética.
47	Control de los grados de liberad de forma independiente.
52	Evita el empozamiento de agua.

NUM. NECESIDAD	TERCER ASPECTO: ACOPLES Y MONTAJE
37 – 38	La propuesta incluye sistemas de acople rápidos y seguros.
39	El montaje debe realizarse en poco tiempo y en el menor número de pasos
41 – 42	Los acoples deben garantizar la correcta sujeción de los módulos a la estructura.
43	Los acoples deben reducir los errores por obstrucción de elementos del entorno
44	Los acoples deben permitir una rápida revisión
45	Fácil mantenimiento
NUM. NECESIDAD	CUARTO ASPECTO: LENGUAJE DE USO
1	Acoples con fácil lenguaje de uso
7	Propuesta para el uso regional
40	Lenguaje de uso claro y sencillo tanto en el armado de la plataforma como en el ajuste de dispositivos.
NUM. NECESIDAD	QUINTO ASPECTO: FACTORES DEL ENTORNO
11 – 16	Uso de recursos disponibles en Tecnoparque SENA
6	Carcasas resistentes a los factores del entorno
10	La plataforma debe considerar las condiciones del entorno, respondiendo a posibles circunstancias que entorpezcan el correcto desempeño de la plataforma
4	La estructura debe proteger los sistemas electrónicos y las entradas de alimentación de los factores del clima y condiciones del entorno
51	Ubicación de los dispositivos dentro de las dimensiones de la plataforma.
24	Las carcasas de la propuesta protegen a las cámaras del agua y el polvo
NUM. NECESIDAD	SEXTO ASPECTO: DISPOSITIVOS
5 - 53	Reducción del peso y los volúmenes de las cámaras con el uso de carcasas complementarias
20	Las carcasas de la propuesta protegen las cámaras durante tiempo limitado
23	La cámara HD y la térmica siempre han de apuntar al mismo ángulo de visión
27	La implementación de la cámara domo limita el uso a terrenos amplios
29	El iluminador dependerá de las condiciones de luz del entorno.
31	La ubicación del iluminador debe garantizar que no influye en la cámara térmica
NUM. NECESIDAD	SEPTIMO ASPECTO: SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS
48	Estructura abierta para desarrollo posterior de la plataforma
49	Entradas de alimentación y datos ubicadas sobre la plataforma
50	Las entradas de datos y de alimentación no debe limitar la ubicación de los dispositivos

Fuente: Autores del proyecto.

5.3 COMBINACIONES

Gracias al estudio de los manuales y las indicaciones del equipo de expertos de Tecnoparque SENA se pudo determinar que a pesar de las posibilidades de combinación de dispositivos, se requerían dos tipos de visión para la ejecución de tareas de exploración. Por lo tanto, se estableció el uso de la cámara HD y la cámara térmica como dispositivos constantes.

En los casos en que se debe implementar la cámara Domo, las características del dispositivo sustituyen a las de la cámara HD. Generando la recolección de datos en alta definición y a través de la lectura del calor emanado de los objetos.

Ahora bien, a partir de los dispositivos con los que se cuenta se estableció según las indicaciones de los expertos cuáles eran aquellas combinaciones que podrían llegar a implementarse en determinado caso de emergencia o para la ejecución de una tarea de exploración cotidiana.

5.3.1 Plataforma móvil robótica. El robot prototipo propuesto tiene como factor diferenciador su escalabilidad y modularidad en el acople de herramientas y dispositivos, es decir, dispone de una plataforma robusta y abierta, que permite sea configurado acorde con la tarea específica a cumplir. El robot tiene la versatilidad de ser configurado (equipado) a voluntad una vez se definan las tareas y el entorno en que las ejecutará.⁴⁰

⁴⁰ Grupo de innovación tecnológica para la formación profesional integral. Op. Cit.

Ilustración 26. Plataforma móvil robótica. Imagen tomada durante la fase de armado.



Fuente: Autores del proyecto

5.3.2 Combinación uno. Es la combinación principal y básica de la estructura. Para la ejecución de las tareas de exploración se busca la recolección de datos del entorno combinando las características de visión de estas dos cámaras. Convirtiéndose la cámara Domo, en su respectiva combinación, en una versión análoga de la cámara HD.

La propuesta de diseño abarca dos alternativas de esta primera combinación, la primera de ellas consiste en la implementación de los dispositivos de visión junto al housing original. Es decir, el uso de la carcasa del producto y que ofrece una mayor protección de los factores del entorno, sin embargo eleva el peso en el montaje de la estructura final.

La segunda posibilidad de esta primera combinación está compuesta por las cámaras HD y térmica protegidas por las carcasas propuestas como parte de la solución de diseño. Si bien estas carcasas no ofrecen la seguridad del housing original, protegen las cámaras de los factores básicos como el agua y el polvo.

Además de eso, gracias a estas nuevas carcasas el peso final del sistema se reduce.

De esta manera, es decisión del equipo de usuarios tomar la decisión más adecuada para la realización del montaje al momento de enviar la plataforma móvil robótica a campo.

Ilustración 27. Derecha: Cámara con housing estándar. Centro: Cámara interna, housing abierto. Izquierda: Plataforma de sujeción de la cámara interna.



Fuente: Autores del proyecto.

5.3.3 Combinación dos. El dispositivo de posicionamiento estuvo orientado para la implementación de una de las dos cámaras con housing disponibles. Dentro del marco del proyecto, la cámara más útil de implementar fue la cámara HD debido a que cuenta con el espectro de visión más amplio. El motor dota a la cámara elegida de movimiento horizontal y vertical. Sin embargo, es decisión del equipo de expertos decidir a cuál de las dos cámaras se le hará el montaje sobre el motor de desplazamiento.

En esta combinación la cámara que sea destinada a ocupar el segundo plano debe ser montada sobre los módulos inferiores de la estructura. Con el fin de evitar que se cruce en el rango de visión de la cámara principal. El uso del dispositivo de visión principal también presenta una variación, el equipo de

expertos puede decidir si realiza el montaje de la estructura usando el housing original de la cámara o, si por el contrario, decide implementar las carcasas propuestas.

Como parte de la propuesta de diseño se propone la construcción de un mecanismo controlado para el desplazamiento. Durante el proceso se buscó generar una propuesta de modulo que contara con la posibilidad de movimiento en dos grados de libertad. De esa manera se permitió el montaje de las dos cámaras sin requerir la implementación del motor; y aún mejor, permitiendo que los dispositivos de visión contaran con el movimiento simultaneo y coordinado.

Otro de los objetivos planteados de esta combinación es la reducción del peso, ya que se genera el barrido por parte de las cámaras sin la implementación del motor, cuyas características de fabricación lo convierten en un dispositivo pesado en comparación al beneficio que brinda.

Ilustración 28. Motor de posicionamiento YP3040.



Fuente: <http://www.axis.com>

5.3.4 Combinación tres. La combinación de dispositivos cámara con housing y cámara domo se orientó a la exploración de terrenos abiertos. Debido a la altura necesaria para garantizar el funcionamiento de la Cámara Domo se estableció, de la mano de los profesionales expertos a cargo del proyecto, limitar el uso a terrenos agrestes y amplios.

La cámara domo, por su parte cuenta con la posibilidad de realizar un barrido completo y ofrecer una captura de imagen apropiada. Sin embargo, la cámara con housing no cuenta con movimiento. Para fines del proyecto, se estableció que la cámara térmica que acompaña al dispositivo de Domo no cuenta con movimiento ya que los datos que obtiene son secundarios.

Ilustración 29. Cámara domo Q6034 PTZ.



Fuente: Imagen tomada de referencia de la página oficial www.axis.com

5.3.5 Carcasas propuestas. La propuesta de diseño de una carcasa complementaria nació del deseo de reducir el peso y las dimensiones originales de los dos dispositivos de visión con housing. Comercialmente, El housing (protección de la cámara), además de evitar consecuencias graves luego de un golpe a las cámaras viene dotado de un sistema de refrigeración (anti-empañante en la cámara térmica) que permite periodos de funcionamiento del dispositivo durante largo tiempo. El housing de la cámara domo es fijo y no es posible separarlos.

Luego de un estudio y revisión de los recursos se determinó, junto con el equipo de expertos, que una carcasa capaz de realizar la función que el housing original, durante un tiempo limitado, mejoraría los índices de consumo de energía de la plataforma. En esta combinación, una cámara con la carcasa propuesta (HD o térmica) se combina con la cámara domo.

Tabla 5. Datos técnicos de las cámaras con housing y datos aproximados carcasa propuesta.

DATOS TECNICOS CÁMARAS HD, TÉRMICA Y CARCASAS PROPUESTAS		
Cámara térmica	Cámara HD	Carcasas propuestas (Resultados virtuales)
Ángulo visión frontal 17°	Ángulo visión frontal 17°	Se conservan las características
Carcasa de aluminio y germanio	Carcasa de zinc y aluminio.	ABS para moldeo rápido.
Alimentación video – energía	Iluminación día y noche	Se conservan las características
Peso con carcasa: 3520 g	Peso con carcasa 3100 g	Peso con propuesta: 1500 g
Peso sin carcasa: 990g	Peso sin carcasa 600 g	Se conservan las características
Dimensiones con housing: 40,5 x 12,8 x 16,2 (cm)	Dimensiones con housing: 40,5 x 12,8 x 16,2 (cm)	Dimensiones con carcasa: 25 x 10 x 15 (cm) aprox.
Dimensiones sin housing: 18,7 x 5,9 x 7,8 (cm).	Dimensiones sin housing: 18,7 x 5,9 x 7,8 (cm).	Se conservan las características

Fuente: Página oficial www.axis.com

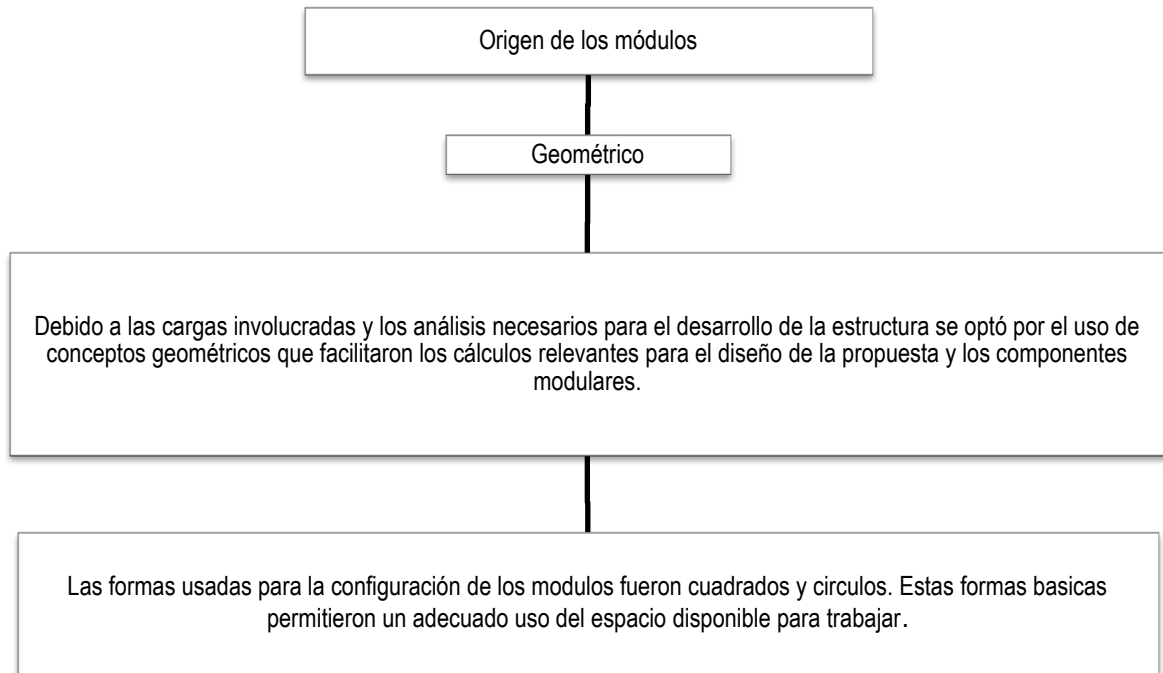
5.4 DESARROLLO CONCEPTO DE DISEÑO

Se presentan a continuación los conceptos básicos que se usaron para la configuración de la propuesta. Estos principios fueron hallados del estado del arte, la clasificación de la información recopilada y su posterior análisis. **(Ver numeral 4. Análisis de resultados)**

Debido a las características del proceso de diseño, los resultados que se esperaban obtener y su alto nivel de exigencia en los aspectos técnico y funcional, el primer punto de partida que fue definido para el desarrollo de las alternativas

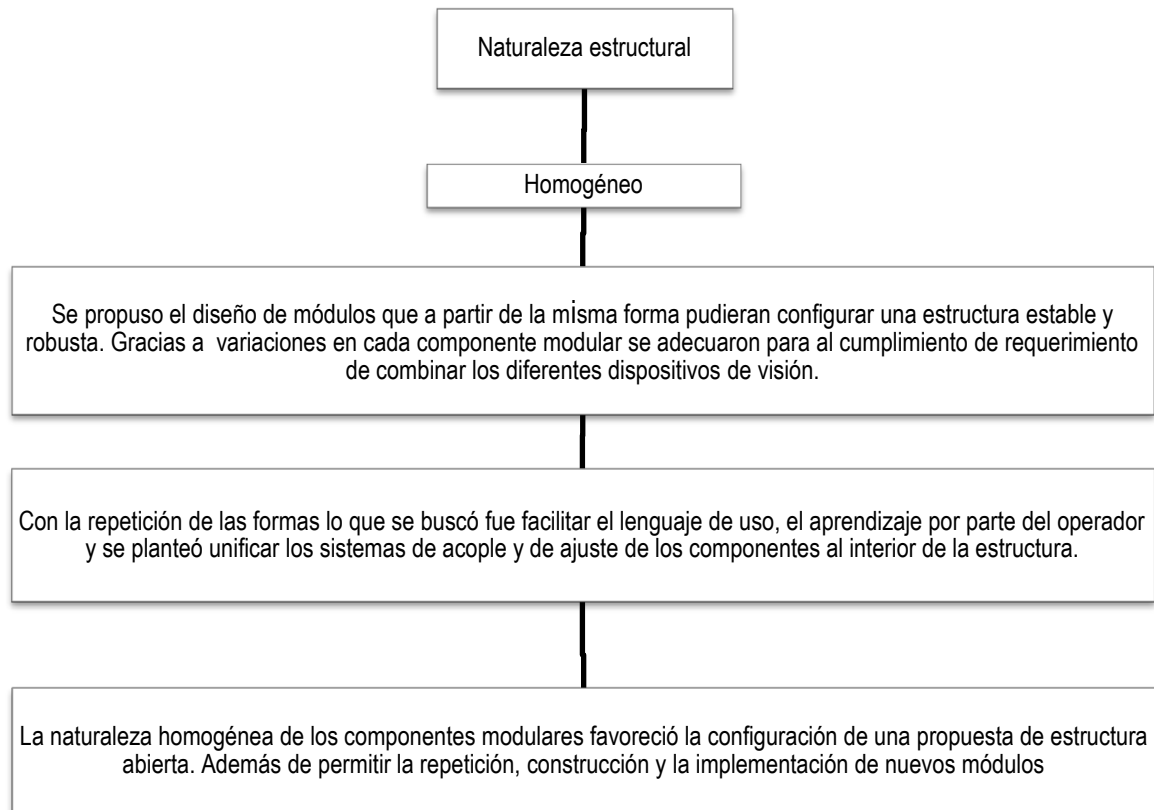
estuvo ligado con el origen de los módulos que conforman la estructura, por tal razón se decidió la implementación de figuras geométricas.

Ilustración 30. Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de origen de los módulos. Ventajas del uso de principio geométrico.



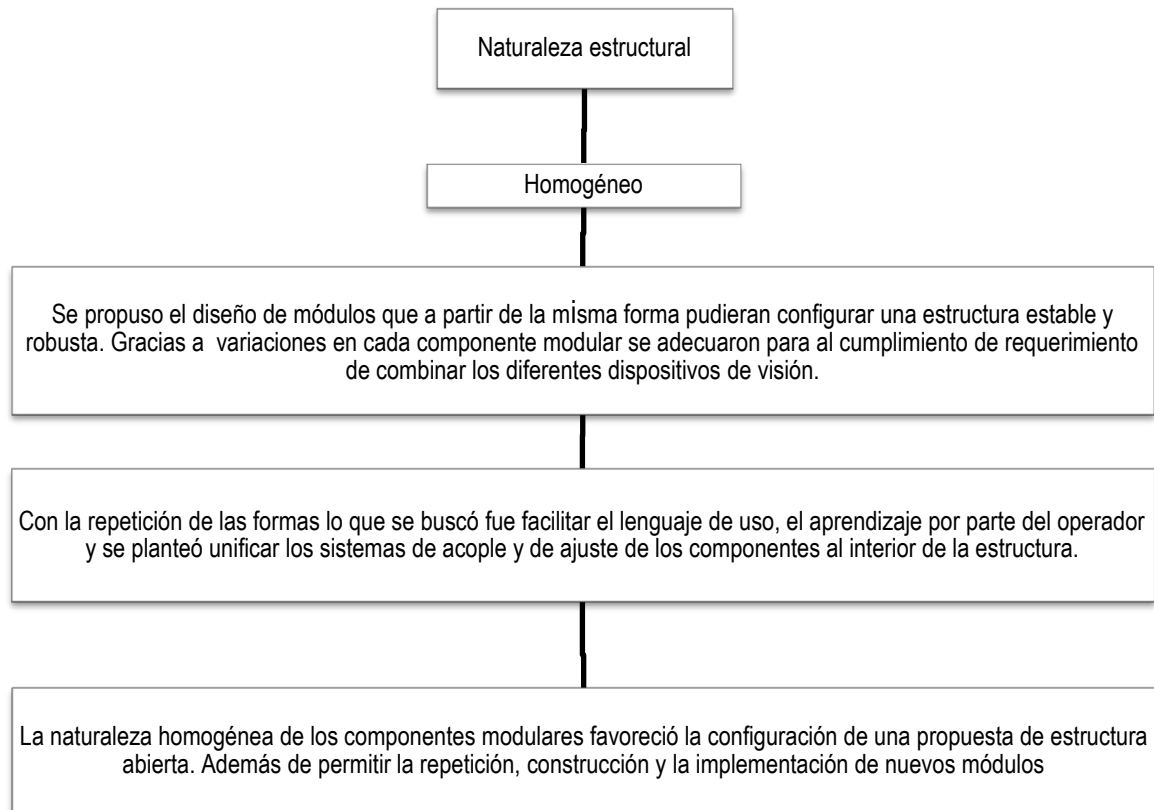
Por otro lado, una de las características del proyecto fue la necesidad del equipo de trabajo de contar con una estructura capaz de abrirse a nuevas tareas y a la implementación de dispositivos en un futuro. Partiendo de esto, se decidió hacer una propuesta que contara con el desarrollo de módulos homogéneos para el montaje de la estructura. Además, esto contribuyó a establecer los principios del lenguaje de uso de los componentes modulares.

Ilustración 31. Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de origen de los módulos. Ventajas del uso de principio geométrico.



Finalmente, respecto a la implementación de los sistemas eléctricos se decidió el uso del concepto de estructuras modulares configurables. Es decir, se planteó que el operador será el encargado de realizar una configuración previa de la estructura teniendo en cuenta los factores involucrados en la misión y la respectiva combinación de los dispositivos.

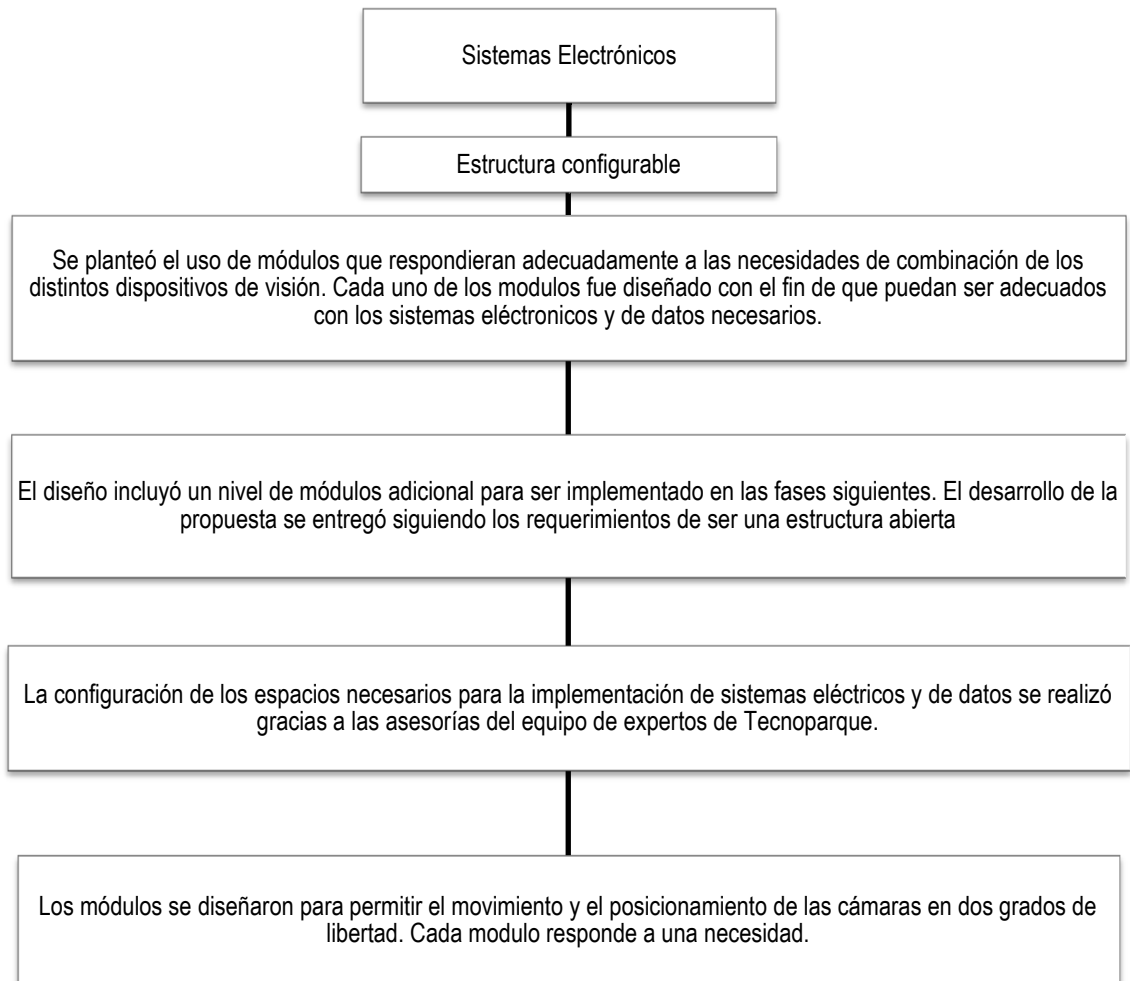
Ilustración 32. Principio usado para el planteamiento de las alternativas desde el punto de vista de naturaleza de los módulos. Ventajas del uso de módulos homogéneos.



Con la combinación de estos tres principios anteriormente mencionados, se dio inicio a la generación de alternativas. Las propuestas de alternativas fueron analizadas constantemente durante el desarrollo de esta etapa para la correcta configuración de los elementos que componen la estructura.

A partir de los aciertos de la propuesta anterior, se propusieron nuevas alternativas, nuevos sistemas o características de los módulos. Al final, se presentaron las mejores alternativas logradas que fueron evaluadas por parte del equipo de expertos.

Ilustración 33. Cuadro de resumen para la configuración de una propuesta con sistema reconfigurable. Para cada misión se desarrolló una propuesta modular. Ventajas del uso de módulos homogéneos.



5.5 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS



A continuación se presenta a grandes rasgos el proceso desarrollado para la configuración de las alternativas y se explican los conceptos de partida para la elaboración de cada una de ellas. Es un proceso de exploración y se exponen aquellas más representativas.


El proceso de diseño se dio inicio recurriendo a formas arquitectónicas y a la adaptación de las estructuras de grandes construcciones. Sin embargo aquellos conceptos fueron reevaluados pues no brindaban los resultados esperados para el equipo de expertos de Tecnoparque SENA. Por tal razón se decidió el uso de principios geométricos básicos para la configuración de la estructura.

Ninguna de las alternativas presentadas en esta sección ni aquellas que forman parte de los anexos conformaron la propuesta final. De hecho, fue la combinación de distintos conceptos los que se evaluaron y al final se tomó una decisión. **Ver ANEXO G.**

5.5.1 Alternativa uno.

Tabla 6. Presentación de los aspectos de diseño alternativa uno.

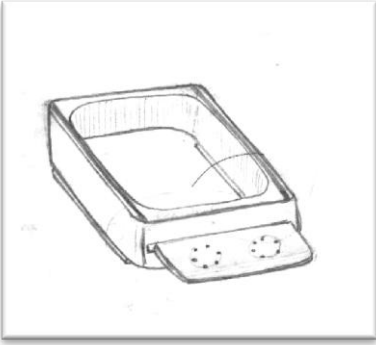
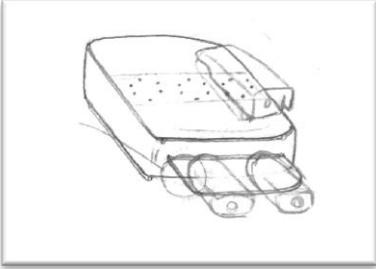
DESCRIPCIÓN	
	<p>Para el desarrollo de esta alternativa se hace uso de figuras básicas como el cuadrado. En esta propuesta se plantea la construcción de módulos que puedan ser implementados según los dispositivos a usar. Se propone a su vez el diseño de una superficie auxiliar donde se ubiquen las cámaras sin housing. Son módulos huecos con el fin de ubicar los mecanismos electrónicos y los componentes de movimiento correspondientes. En la imagen se observan las formas de los módulos contraídos en cartón para tener una idea cercana a la propuesta que se desea plantear.</p>
	<p>En esta propuesta la idea principal es la formación creciente en vertical de los módulos. El apilamiento permite aprovechar el espacio de trabajo disponible sobre la plataforma. Los módulos cuentan con una saliente cuyo fin es sostener las cámaras cuando estas vayan acompañadas del diseño de carcasa correspondiente a la propuesta. En la imagen se puede observar la configuración de los módulos sobre la plataforma móvil robótica, además, de la estructura para el sostenimiento de la cámara domo.</p>

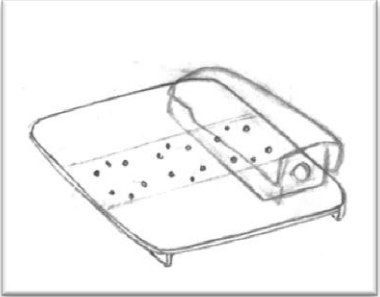
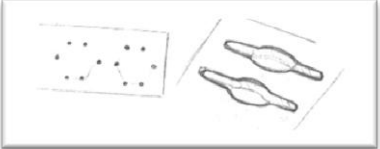
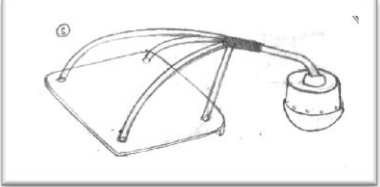
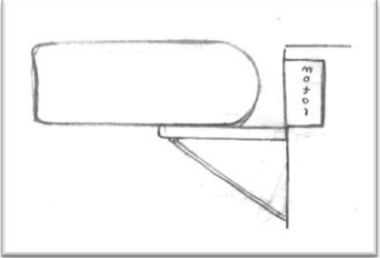
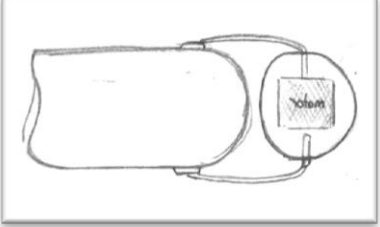
DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta propuesta, la estructura para el dispositivo de visión de domo no cuenta con movimiento. Es una estructura fija en forma de arco, cuya ubicación varía entre el segundo y tercer tercio del espacio disponible para trabajar. Dicha armazón sostiene la cámara a una altura determinada. Se plantea que la estructura del domo sea la única que vaya fija al módulo que le corresponde, esto con el fin de evitar el uso de acoples. Para el montaje de los módulos se maneja el riel sobre la plataforma móvil y que permita solo el deslizamiento de los elementos estructurales.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.5.2 Alternativa dos

Tabla 7. Presentación de los aspectos de diseño alternativa dos.

DESCRIPCIÓN	
	<p>Se hace uso de las formas básicas y la propuesta de un módulo con plataforma para las cámaras con carcasa. Para esta alternativa, la estructura se compone de tres módulos iguales que se deslizan sobre rieles ubicados en la plataforma móvil robótica. El componente modular es hueco, con el fin de ubicar dentro de él los sistemas de alimentación de los dispositivos, los circuitos electrónicos y los motores necesarios para el movimiento. En la imagen se observa la propuesta del módulo a usar.</p>
	<p>El modulo ofrece posibilidades de ubicación para las cámaras, una de ellas es sobre la superficie en voladizo. Esta misma superficie cuenta con los motores necesarios para hacer que las cámaras con carcasa puedan moverse. Las cámaras con housing, debido al peso que tienen se ubican sobre la superficie del módulo de manera tal que las cargas se repartan de mejor manera. Se propone un sistema de ajuste repartido que permita ubicar dos cámaras a lado y lado del módulo o centrar una sola cámara. Dicho montaje se realiza sobre una superficie que puede ser removida y cuya función es proteger los circuitos internos. En la imagen se observa una vista general de la ubicación de los dispositivos.</p>

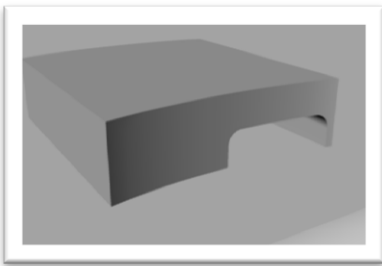
DESCRIPCIÓN	
	<p>Para complementar el modulo, se diseña una superficie corredera cuyo fin es proteger los sistemas internos. Esta misma superficie tiene los acoples para las cámaras con housing. En la imagen se puede observar las posibilidades de ubicación de dichos dispositivos. Esta superficie permite el montaje de las combinaciones HD y térmica así mismo la térmica únicamente. En la imagen se observa la alternativa planteada.</p>
	<p>Se plantea para el montaje de las cámaras, usar el sistema de acople que ya traen comercialmente. Esto con el fin de estandarizar la construcción. En la imagen se observa el detalle de los ajustes planteados para la sujeción de las cámaras.</p>
	<p>En esta propuesta, se retoma el uso de una estructura para la cámara domo que sea estática. No posee movimiento pero se plantea tenga más puntos de apoyo para equilibrar las cargas. Es un módulo completo, es decir, la estructura y el modulo son una unidad. En la imagen se puede observar el armazón que se plantea para sujetar la cámara domo a la altura deseada.</p>
	<p>En esta propuesta, la plataforma en voladizo cuenta con los dos grados de libertad necesarios. El primer motor va ubicado al interior del módulo que otorga el desplazamiento vertical de la plataforma. En la imagen se ve la vista lateral del módulo, la cámara con la carcasa propuesta y la plataforma en voladizo de la alternativa.</p>
	<p>El movimiento horizontal lo otorga un motor ubicado en la parte de atrás de la cámara. En la imagen se observa una vista desde la superior de la ubicación de la cámara y el correspondiente motor.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.5.3 Alternativa tres.

Tabla 8. Presentación de los aspectos de diseño alternativa tres.




DESCRIPCIÓN	
	<p>Revisando los recursos disponibles para trabajar, en la siguiente propuesta lo que se plantea es el uso de la tapa de la plataforma como parte de la estructura propuesta. En ella se implantarán los sistemas de acople, que consiste en tornillos de seguridad que mantendrán fija la estructura sobre la plataforma. En la imagen se ilustra cómo podría ser una posible distribución de dichos acoples de seguridad.</p>
	<p>De igual forma, se plantea una estructura que cubra la plataforma y en su interior tenga los rieles que servirán de acople para los elementos estructurales que han de ser implementados. Esta idea se plantea de la alternativa anterior con el fin de ampliar la zona disponible para trabajar. En la ilustración se muestra el montaje de la base de la estructura sobre la plataforma móvil robótica.</p>
	<p>Tres módulos componen el primer nivel de la estructura. Son tres módulos cuya función es servir de soporte. Cuentan con rieles en su superficie con el fin de permitir el montaje de más elementos modulares sobre ellos, apilándose y abriendo la plataforma a nuevas alternativas. En la imagen se muestra la ubicación de los módulos planteados y una vista general de cómo se verá la plataforma con el montaje de la estructura.</p>
	<p>El modulo consiste en una evolución de las formas geométricas que se han trabajado en alternativas anteriores. Los rieles de sujeción se mueven a un extremo con el fin de facilitar la implementación de los sistemas eléctricos y las salidas de datos y recursos para los dispositivos. Se plantea de esa manera, con el objetivo de facilitar la realización de las conexiones. En la imagen se ilustra la parte trasera del módulo base.</p>

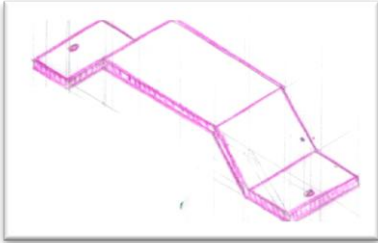
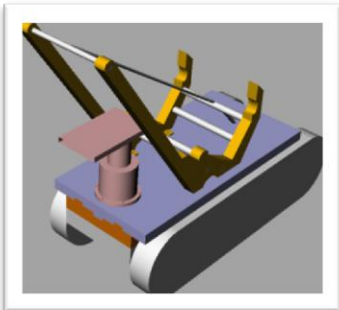
DESCRIPCIÓN	
	<p>El módulo superior presenta unas variaciones respecto al anterior. Es un módulo que encaja sobre los rieles del de base y permite al operario deslizarlo hasta la ubicación correcta. Tiene un espacio en el extremo, similar a una caja, en donde se plantea se puedan realizar las conexiones del dispositivo con la fuente de alimentación y de datos de la plataforma. En la ilustración se muestra la parte posterior del módulo.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.5.4 Alternativa cuatro

Tabla 9. Presentación de los aspectos de diseño alternativa cuatro.

DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta alternativa se hizo una variación en la división del área de trabajo. De tres zonas se dio paso a la creación de seis divisiones. Reduciendo el tamaño los módulos y aumentando los elementos modulares en la propuesta.</p>
	<p>En la propuesta, el modulo se alarga y propone se extienda más allá del área de trabajo, generando así una zona “extra” para el montaje de dispositivos. El modulo está compuesto por una superficie doblada, similar a un alerón, y en el centro un espacio dedicado al montaje del primer motor, el cual genera un movimiento horizontal. El brazo de soporte de las cámaras se ajusta al elemento central y se completa el juego de movimientos, pues se plantea que el otro motor este en dicha superficie. En la imagen se ilustra la superficie de la plataforma, el sistema de acople para el modulo, que se plantea a través de pernos, y finalmente, el cabezal móvil de las cámaras.</p>
	<p>Para la cámara domo se plantea una nueva estructura. Debido al problema del torque existente por la suspensión del peso se realiza una búsqueda de posibles soluciones y se plantea una solución que involucra el uso de una guaya o cable para ejercer apoyo y distribuir de mejor manera las cargas. La guaya cuenta con una estructura en forma de L para mantenerla tensa. Esta estructura planteada realizaría el montaje tomando más de un módulo de la propuesta debido a la dimensión de la</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>misma. En la imagen se ilustra la forma que tendría la estructura de soporte y el lugar por donde estaría dispuesta la guaya.</p>
	<p>Esta parte de la propuesta involucra la repetición del módulo básico pero esta vez, orientado a la protección de los equipos implementados. Esta alternativa plantea que en el área que se gana fuera de la zona de trabajo se pueda realizar el ajuste de este módulo, o de otros dispositivos.</p>
	<p>Esta es una evolución de la alternativa. Se plantea que la estructura que tiene la guaya se expanda en la base, con el fin de lograr estabilidad. El ajuste de la estructura se propone en el alerón y de esa forma, llevar la estructura una o dos zonas más adelante, centrándola dentro de la plataforma móvil; y no tan atrás, como ha estado en la mayoría de las alternativas. En la imagen se puede observar el montaje de la estructura sobre la plataforma. Se ha usado la combinación de cámara domo y térmica pues implica un grado mayor de complejidad la configuración de la misma. En la imagen se ilustra el modelado de la alternativa en programa 3D</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.6 EVALUACIÓN DEL CONCEPTO

Durante el proceso de diseño, las alternativas fueron constantemente sometidas a revisiones y sugerencias por parte del equipo de diseño y los expertos de Tecnoparque SENA. El trabajo de evaluación aunque fue llevado a cabo de forma informal buscaba hallar aquellos conceptos de desarrollo más significativos y de mayor interés para la configuración de la plataforma. Guiando el proceso por aquellos caminos que prometían alternativas de solución interesantes para darle cumplimiento a los requerimientos. **Ver numeral 5.7.3 para revisar el protocolo de evaluación de las alternativas.**


Al contar con los elementos necesarios para conformar propuestas sólidas, se procedió a configurar las tres alternativas finales, las cuales serían presentadas al equipo de Tecnoparque SENA para su debida evaluación final. Para llevar a cabo dicha evaluación se les entregó a los integrantes del equipo de expertos un formato con el que a través de su experiencia y conocimiento calificarían. Para conocer los valores de las pruebas **ver ANEXO H.**



Luego de terminada la ronda de evaluación, aquellos conceptos que más llamaron la atención fueron retomados y puestos en una última alternativa de solución para la plataforma modular.

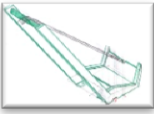
5.6.1 Primera ronda de evaluación. A continuación, se presentan algunas de las observaciones realizadas a cada una de las alternativas del proceso en general. Se clasificó cada uno de los aportes en relación con los siete aspectos del diseño identificados. La evaluación de estas alternativas se realizó de forma general contando con el acompañamiento técnico de los expertos en las áreas de electrónica de Tecnoparque SENA.

Las indicaciones del director del proyecto también permitieron direccionar el desarrollo hacia la propuesta más adecuada y que mejor responda a los requerimientos y necesidades que han sido identificados al comienzo del proyecto.

Tabla 10. Observaciones realizadas a las alternativas durante la fase de generación de concepto

ALTERNATIVA	OBSERVACIONES POR ASPECTOS DE DISEÑO
<p data-bbox="386 1591 402 1612">1</p> 	<p data-bbox="513 1591 1474 1665">Modularidad: Los módulos parten del uso de figuras geométricas. Los módulos se apilan unos sobre otros, lo que permite abrir la plataforma a otros usos y configuraciones.</p> <p data-bbox="513 1686 1474 1801">Estructuras y cargas: Las cargas se distribuyen uniformemente sobre la estructura. La estructura de la cámara domo es inestable. Se requiere añadir otros puntos de apoyo para soportar la carga. Las superficies en voladizo propuestas no son aptas para la implementación de las cámaras.</p>

ALTERNATIVA	OBSERVACIONES POR ASPECTOS DE DISEÑO
	<p>Acople y montaje: Los acoples se ven débiles para sostener los módulos a la estructura. Así mismo, los que se plantean para sostener las cámaras en voladizo. La estructura como no posee acoples, es una estructura como unidad junto con el modulo.</p> <p>Lenguaje de uso: Sencillo. Las estructuras apilables no convencen aún del todo pero parecen funcionar para configurar la estructura.</p> <p>Factores del entorno: Los módulos quedan abiertos. Fácilmente el agua o los factores del entorno pueden influir en el funcionamiento de la plataforma.</p> <p>Sistemas anexos o circuitos: Existe un espacio para ubicar los circuitos electrónicos y los motores. Cada módulo tiene su circuito interno, permitiendo la configuración de la plataforma a gusto del operador.</p>
<p style="text-align: center;">2</p> 	<p>Modularidad: Los módulos basados en figuras geométricas son bien recibidos por parte del equipo de expertos de Tecnoparque SENA. Son módulos sencillos y que permiten ampliar la plataforma a nuevas tareas.</p> <p>Estructuras y cargas: Se plantea una ubicación que garantiza más estabilidad a los dispositivos de visión. Excepto las cámaras que están planteadas en voladizo, no se hace viable la posibilidad por seguridad.</p> <p>Acople y montaje: No están claramente definidos, pero el uso de los rieles es una buena alternativa. Se plantea el uso de acoples que estén basados en el diseño de acople que traen las cámaras comercialmente.</p> <p>Lenguaje de uso: indicaciones básicas del sentido de acople</p> <p>Factores del entorno: Carecen de protección adecuada, sin embargo funciona el diseñar una tapa que cubra el modulo básico y mantenga los circuitos alejados.</p> <p>Sistemas anexos o circuitos: Los circuitos se ubican al interior de los módulos. Cada módulo contiene dentro lo necesario para realizar el montaje de cualquiera de los dispositivos disponibles.</p>
<p style="text-align: center;">3</p> 	<p>Modularidad: La propuesta cuenta con módulos sencillos, dos tipos de módulos. Los de la base y los módulos superiores. Formas básicas y versátiles. Permiten el montaje de dispositivos indicados. Cubren la plataforma y forman una estructura abierta.</p> <p>Estructuras y cargas: Estructura robusta y compacta. Las cargas se soportan sobre estructuras estables. No hay elementos sueltos. Los componentes modulares son unidades. La alternativa de diseño amplía la zona de trabajo con el uso de una estructura superficial que cubre la oruga y plantea ser usada para el ajuste de dispositivos.</p> <p>Acople y montaje: Acoples básicos para el montaje de la estructura. Los acoples son deslizantes sobre los rieles, aclarar el sistema de seguro para los componentes estructurales. Se usa el mismo acople en la mayoría de la estructura.</p>

ALTERNATIVA	OBSERVACIONES POR ASPECTOS DE DISEÑO
	<p>Lenguaje de uso: Se plantea un manual para el usuario.</p> <p>Factores del entorno: Se propone un desnivel en la plataforma para evitar el empozamiento de agua. Los dispositivos cuentan con la carcasa complementaria. Los factores del agua ya han sido analizados.</p> <p>Sistemas anexos o circuitos: La estructura protege los circuitos internos. El modem ya ha sido implementado al interior, definiendo un espacio de ubicación posible.</p>
<p style="text-align: center;">4</p> 	<p>Modularidad: Sencillos y parten de figuras geométricas de las propuestas anteriores.</p> <p>Estructuras y cargas: Se resalta la solución encontrada y el uso de la guaya. El generar un área extra para trabajar resulta ser una buena opción para el equipo de profesionales.</p> <p>Acople y montaje: Acciones básicas, encajar y deslizar.</p> <p>Lenguaje de uso: carece de un lenguaje de uso. Aspecto para mejorar</p> <p>Factores del entorno: Existe una mejor solución a los posibles problemas.</p> <p>Sistemas anexos o circuitos: Dentro de los módulos planteados.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.2 Alternativas presentadas. Al final de la etapa de desarrollo de concepto de diseño y la respectiva generación de alternativas, se hizo la elección de tres propuestas que cumplieran con los parámetros establecidos al comienzo del proyecto. Dando así, solución a las necesidades específicas del proyecto.

Para la presentación, cada alternativa se dividió en subsistemas, de esa manera se buscaba abordar todos los componentes dentro de la configuración de la propuesta y obtener así la evaluación de cada uno de ellos. Las propuestas que hacen parte de la presentación reúnen en ellas los aspectos más relevantes de las anteriores alternativas.

El manejo de las piezas y componentes estructurales de cada una de las propuestas se realizó en modelado 3D. El diseño a través del uso de computador tenía como finalidad establecer las proporciones cercanas a las que se esperaban en la construcción y permitir la visualización del comportamiento de la estructura sobre la plataforma móvil robótica con la que se cuenta.


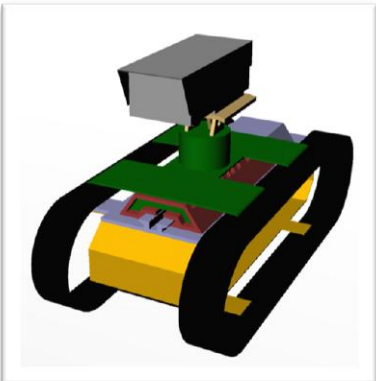
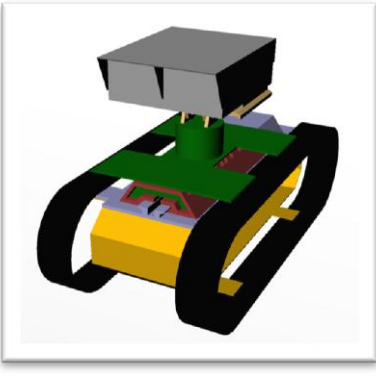
De igual manera, se hizo la presentación en función de las distintas combinaciones de dispositivos requeridas por parte del equipo de expertos. A continuación se presenta el registro respectivo de las propuestas presentadas y una explicación de la forma y el objetivo por el que cada componente fue diseñado.

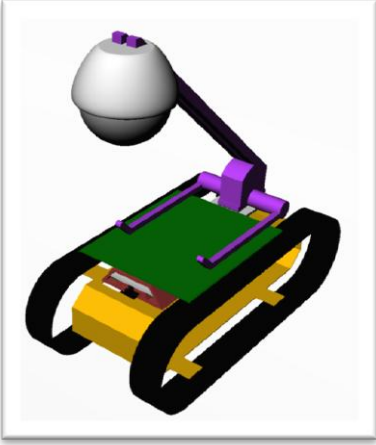
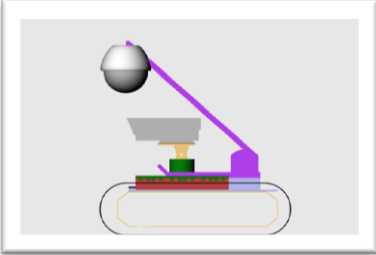
Alternativa uno.

Tabla 11. Características de diseño de la alternativa uno seleccionada.

DESCRIPCIÓN	
	<p>Se planteó una base que cubriría la superficie total de la plataforma móvil. La unión entre plataforma y estructura se llevaba a cabo a través del uso de tornillos que sujetaban justo debajo de la oruga de la plataforma. Al requerirse la implementación de un modem para el envío y recepción de datos, la propuesta incluía un espacio en el tercio final de la plataforma en el que se ubicaría dicho sistema, quedando de esa manera protegido de los factores del entorno. Para el mantenimiento, se planteó el acceso a través del retiro de una tapa lateral. Los rieles para el acople de los elementos modulares se propusieron fueran al centro de la estructura.</p>
	<p>La propuesta de modulo consistía en una forma laminada cuyo acople se realizaba sobre los rieles de la estructura gracias a que formaban el perfil complementario. En la superficie del módulo se contaba a su vez, con un sistema de rieles transversales para la sujeción del módulo superior. Los módulos se acoplaban a la estructura deslizándose, hasta completar los tres necesarios para la base. Entre los rieles, se encuentran dispuestas las regletas para la alimentación de los dispositivos. Debido a la implementación del modem, los módulos en esta alternativa tienen una dimensión menor a las demás, aproximadamente de 23 x 16,8 x 5 cms.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Sobre la estructura base, se disponían horizontalmente tres módulos que cubrían por completo el riel, protegiendo así los sistemas de datos y eléctricos. El sistema se diseñó para que siempre se deban ser implementados los tres módulos base. Para evitar el deslizamiento de los módulos una vez se enviara la plataforma a misión, se planteó una pestaña móvil en la parte delantera del riel, la cual, una vez activada evitaría que los módulos se movieran. En el final, la caja del modem desempeñaría un papel también como tope de estructura. Manteniendo los módulos fijos.</p>
	<p>El módulo secundario complementaba al módulo base adquiriendo la forma del interior. El ajuste en este diseño se realizaba al acoplar uno sobre el otro, y encajar las figuras. El modulo tiene una superficie más extensa, la cual cubre las orugas de la plataforma. En esta propuesta existían varios tipos de módulos secundarios, dependiendo de la función que se deseara ejecutar. En este caso, el diseño iba directamente ligado a la ampliación de la zona de sujeción de los módulos futuros.</p>
	<p>Debido a la implementación de los motores que generan los movimientos necesarios, se planteó el diseño de un módulo secundario apto para este fin. Carece de la superficie extendida que el anterior, pero a su vez, posee una carcasa en la que se ubica el motor que genera el desplazamiento horizontal. Al igual que el anterior, el módulo toma la forma interior del módulo base y realiza de esa forma el ajuste. La propuesta es la implementación de una tercera forma que se ajuste con el cilindro saliente y de esa forma se cuente con el sistema de dos grados de libertad.</p>
	<p>El modulo secundario completo en la propuesta presentada lucía así, una estructura conformada por dos partes en la que se ubican los motores correspondientes. En este caso, se observa la segunda parte y los brazos que están destinados a la sujeción de la plataforma de las cámaras.</p>

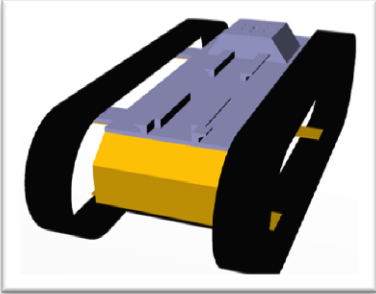
DESCRIPCIÓN	
	<p>Para la propuesta se diseñó una estructura especial para la suspensión de la cámara domo. La estructura se configuró con una base extensa, cuyo soporte caía en la superficie que generaban los módulos secundarios. En el centro de la estructura, se cuenta con una guaya que permite manipular de mejor manera el peso. Esta estructura no cuenta con movimiento para la cámara debido al amplio rango de visión con el que cuenta el dispositivo. El ajuste de esta estructura se planteó para ser realizado sobre la caja que recubre al modem, es decir, un sistema que no va en los módulos sino directamente en la base de la estructura.</p>
	<p>La propuesta planteaba la siguiente configuración para la implementación de una única cámara. Esta estructura va en combinación con la cámara domo.</p>
	<p>Presentación de la estructura para la configuración de las dos cámaras disponibles, incluido el housing.</p>

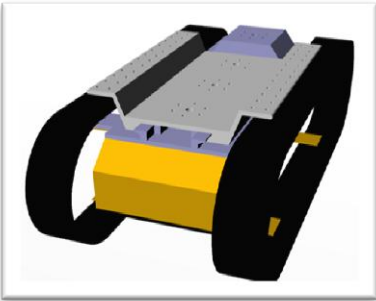
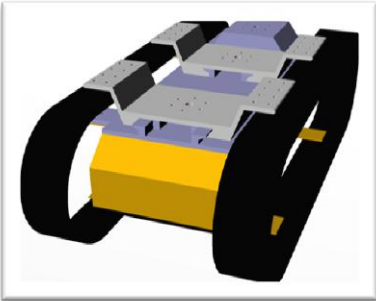
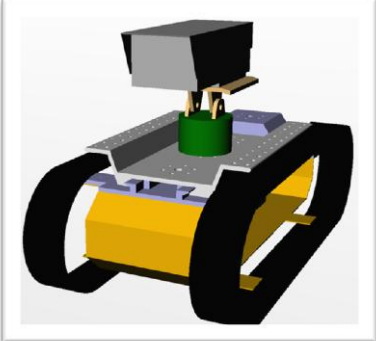
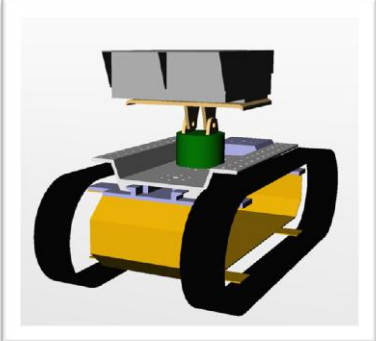
DESCRIPCIÓN	
	<p>Ultima configuración de la estructura, mostrando la implementación de la cámara domo sobre la base y la ubicación de los módulos.</p>
	<p>Vista lateral de la plataforma con el montaje de la combinación cámara domo y cámara térmica.</p>

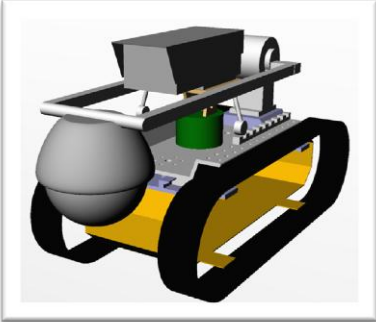
Fuente: Autores del proyecto.

Alternativa dos.

Tabla 12. Características de diseño de la alternativa dos seleccionada.

DESCRIPCIÓN	
	<p>La segunda propuesta consistía en la implementación de la base de igual manera que la anterior, sobre la plataforma debajo de las orugas. El riel contaba un diseño diferente como se aprecia en la imagen, con una pestaña fija que evitaba que los módulos se deslizaran hacia afuera. En esta alternativa de diseño, la ubicación de las entradas de alimentación y datos se propuso fueran en el centro de la base, de tal manera que permitiera la fácil conexión de los dispositivos.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>En la imagen podemos apreciar como luciría la base de la estructura con los primeros tres módulos. En este caso, los módulos base extendían el área de la plataforma sin requerir más módulos ni uniones de piezas. A su vez, contienen los sistemas de ajustes necesarios para las distintas combinaciones actuales y a su vez, la implementación de los dispositivos a futuro. La implementación de los módulos superiores cerraba el sistema y se buscaba con eso, evitar la entrada de agua y elementos del entorno. Como se puede observar, la plataforma se sostenía por la saliente destinada a contener el modem.</p>
	<p>En esta alternativa los rieles contaron con un diseño diferente, en esta propuesta los módulos entraban desde el centro hacia los extremos. Dejando el ultimo módulo atrapado entre los dos anteriores.</p>
	<p>En la imagen se puede observar cómo se plantea el desarrollo del nivel superior de módulos. Los módulos de visión se diseñaron a partir de un pequeño motor que se implementaba sobre la plataforma extendida y de esa manera, sin importar el tercio en el que se ubicara, el motor funcionaría. En la ilustración podemos observar la implementación de una de las cámaras con housing.</p>
	<p>La estructura se planteó con el uso de los cabezales intercambiables. Con el diseño de estas estructuras lo que se buscó fue la creación de una plataforma capaz de implementarse sobre los brazos del módulo de movimiento dependiendo de los dispositivos a usar y el peso. En la imagen se observa la disposición de los dispositivos de visión HD y térmica.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>El fuerte de esta alternativa consistía en la implementación del motor del proyecto para el posicionamiento de la cámara domo. Es decir, no sería necesario el diseño de un módulo especial que garantizara el movimiento sino que estaría dado por el motor parte del proyecto. La cámara domo estaría sujeta en el extremo de la estructura y tendría dos posiciones fijas. Con esta propuesta lo que se buscaba era reducir el torque generado por el peso de la cámara suspendida. La estructura de la cámara domo estaba compuesta por un riel de apoyo que le permitía moverse y soportar la carga.</p>
	<p>En la imagen se observa la segunda posición planteada en la alternativa. Se propone que el motor vaya fijo en la parte trasera de la plataforma y ejerza la fuerza necesaria para subir la cámara domo. La cámara térmica cuenta con el movimiento horizontal y vertical necesario, aun cuando la cámara domo es la que desempeña el papel principal en la recolección de datos.</p>
	<p>Vista lateral de la alternativa propuesta. En esta vista lo que se quería mostrar era la ubicación en la que estaría la cámara domo cuando descendiera totalmente. La cámara térmica estaría ubicada sobre ella y esto permitiría que la plataforma fuera más compacta.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

Alternativa tres.

Tabla 13. Características de diseño de la alternativa tres seleccionada.

DESCRIPCIÓN	
	<p>La propuesta de esta alternativa planteaba el uso de rieles inferiores y rieles laterales para el ajuste de los módulos. Esto permitía mantener los módulos ajustados y centrados. Contaba con un espacio destinado a la instalación del iluminador al frente de la plataforma así mismo, con un espacio para los sistemas eléctricos. Para el cableado se proponía un sistema que se deslizara desde el modulo hasta la parte frontal de la plataforma siguiendo la forma de los rieles inferiores y quedaban ajustados por un sistema a presión. Las regletas estaban ubicadas al frente de la plataforma, justo debajo de donde se planeó estar el iluminador. La estructura se ajusta a la plataforma móvil usando tornillos de ajuste. Para mantener los módulos fijos se complementa el sistema con el uso de seguros al final y al comienzo de los rieles.</p>
	<p>El módulo base en la propuesta lo que busca es plantear la posibilidad del montaje de un sistema determinado en una plataforma con diseño abierto. Son módulos para lograr la altura necesaria para la ubicación de los circuitos internos. Dejando cables y modem internos y protegidos de factores como el agua y el polvo. En la imagen se muestra el modulo abierto, en el diseño final la pieza va cubierta completamente.</p>
	<p>El segundo módulo se ubicaba sobre el anterior. Los rieles en la parte inferior eran la forma en que se sostenían conectados y gracias al diseño propuesto de la base estructural, se sostenía fijo debido al uso de los rieles laterales. La propuesta del módulo permitía la implementación de los motores necesarios para la realización del movimiento. En la base estructural, al igual que en las anteriores propuestas, el primer nivel de la estructura está compuesto por tres módulos. Esta ubicación de módulos protege los cables y demás circuitos internos.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Para la cámara como la propuesta planteaba una estructura en arco con apoyos complementarios delanteros. Esta propuesta se planteaba carente de movimiento. El módulo al igual que en las propuestas anteriores se ha diseñado para ir ubicado en la parte trasera de la plataforma.</p>
	<p>La imagen ilustra la propuesta con una de las combinaciones del proyecto ensamblada. En este caso, el diseño recurre a mostrar la posición de la cámara domo en la estructura. La ubicación del dispositivo de visión térmica y el modulo base abierto.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.3 Protocolo presentación/evaluación de las alternativas.

Objetivo general.

Evaluar los resultados obtenidos durante la etapa de bocetación junto al equipo de expertos de las áreas de diseño y desarrollo electrónico de Tecnoparque SENA.

Objetivos específicos.

- Presentar las alternativas planteadas que cumplan con los requerimientos establecidos al comienzo del proyecto.
- Evaluar las alternativas más opcionadas a seguir a la próxima etapa de diseño en función del cumplimiento de los objetivos planteados y el valor otorgado.
- Documentar los datos obtenidos durante la presentación para fortalecer el desarrollo del proyecto.

- Fortalecer el vínculo de trabajo interdisciplinario existente en el proyecto que se desarrolla.

Desarrollo de la presentación.

La presentación de las alternativas y su correspondiente evaluación se llevó a cabo en las instalaciones de la escuela de Diseño Industrial, se planeó una actividad con una hora y media aproximada de duración. Se contó con la participación del equipo de expertos del área de diseño y de desarrollo electrónico, además de las correspondientes observaciones del director de proyecto.

La presentación se dio inicio con un saludo y una breve introducción recopilando los aspectos establecidos. Al finalizar la presentación, se procedió a la respectiva evaluación de los conceptos según el formato de evaluación establecido para el registro. Para la actividad se requirió de un computador para la presentación, hojas con el formato de calificación de las propuestas y lapiceros. Al final, se agradeció la atención y se dio por finalizada la presentación.

5.6.4 Formato de evaluación de alternativas. Se registra ahora los resultados de la evaluación de las alternativas presentadas a los expertos de las áreas de electrónica y de diseño del proyecto. Los comentarios y observaciones se recolectaron al igual que los puntajes.

Para la calificación de las alternativas se partió del cumplimiento de cada una de las necesidades y requerimientos planteados. Para dicho fin, se estableció el grado de calificación siendo 3 el mayor puntaje y 1 el menor. **Ver tabla de evaluación y registro de los resultados en el ANEXO H.**

5.6.5 Resultados obtenidos. A continuación se presenta la tabla con los valores de calificación obtenidos según los criterios establecidos y la calificación de los profesionales expertos. **Ver tabla de evaluación y registro de los resultados en el ANEXO H.**

Alternativa uno.

Tabla 14. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta uno

RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS			
ASPECTO DE DISEÑO EVALUADO	Experto uno	Experto dos	Experto tres
MODULARIDAD	49	47	39
ESTRUCTURAS Y CARGA	74	83	69
ACOPLE Y MONTAJE	27	40	22
LENGUAJE DE USO	18	21	15
FACTORES DEL ENTORNO	26	27	23
DISPOSITIVOS	34	34	28
SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS	15 (!)	15 (!)	15 (!)
PUNTAJE PARCIAL EXPERTOS	243	267	211
PUNTAJE TOTAL PROPUESTA UNO (Sumatoria puntajes parciales / 3)	240.3		

Fuente: Autores del proyecto.

Luego de la presentación, el equipo de expertos realizó sus observaciones:

- El acople de los módulos no evita los riesgos estructurales debido a la vibración de la plataforma.
- Existen muchos módulos para el montaje de una estructura. Extendiendo el proceso de montaje de la estructura.
- (!) El sistema propuesto para la protección de los rieles funciona. Además de permitir la presencia de entradas en toda la superficie de la plataforma, la

ubicación y el uso de los módulos estructurales como mecanismo protección resulta muy práctico a la hora de realizar el montaje.

Alternativa dos.

Tabla 15. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta dos.

RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS			
ASPECTO DE DISEÑO EVALUADO	Experto uno	Experto dos	Experto tres
MODULARIDAD	48	57	48
ESTRUCTURAS Y CARGA	81	86 (!)	73
ACOPLE Y MONTAJE	40	42 (!)	35
LENGUAJE DE USO	21	18	21
FACTORES DEL ENTORNO	25	28	26
DISPOSITIVOS	28	32	26
SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS	9	13	12
PUNTAJE PARCIAL EXPERTOS	252	276	241
PUNTAJE TOTAL PROPUESTA DOS (Sumatoria puntajes parciales / 3)	256.3		

Fuente: Autores del proyecto.

Observaciones alternativa dos.

- El sistema de rieles funciona, sin embargo no es práctico, además de limitar el uso de los módulos a posiciones específicas.
- (!) La estructura que se extiende para lograr más área de trabajo, además, según el equipo de expertos funciona como un sistema de protección para terrenos de lodo. Es decir, evita la salpicadura que pueda generarse con el avance de las orugas de la plataforma.
- (!) La propuesta de una estructura móvil para la cámara domo despertó el interés de los expertos. Sin embargo se estableció que el uso del motor

disponible no garantizaba el posicionamiento ni el desplazamiento de la estructura del dispositivo de domo. Se propone el movimiento generado a partir de los componentes modulares.

Alternativa tres.

Tabla 16. Resumen de resultados obtenidos por la propuesta tres

RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS			
ASPECTO DE DISEÑO EVALUADO	Experto uno	Experto dos	Experto tres
MODULARIDAD	61 (!)	61 (!)	61 (!)
ESTRUCTURAS Y CARGA	81	84	74
ACOPLE Y MONTAJE	31	33	31
LENGUAJE DE USO	21	18	21
FACTORES DEL ENTORNO	33 (!)	32	28
DISPOSITIVOS	33	31	34
SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS	9	7	9
PUNTAJE PARCIAL EXPERTOS	269	266	258
PUNTAJE TOTAL PROPUESTA TRES (Sumatoria puntajes parciales / 3)	264.3		

Fuente: Autores del proyecto.

Observaciones alternativa tres.

- De las tres propuestas presentadas, es la mejor estructurada en cuando a cada uno de los factores involucrados.
- Existe una propuesta interesante para el alojamiento de los cables, los sistemas de alimentación y de datos, además de los dispositivos de comunicación entre otros.
- Debe proponerse una mejor ubicación de las entradas/ salidas de datos, pues se dificulta el acceso a ellos desde cualquier posición al interior de la estructura.
- **(!) Los módulos son funcionales y sencillos. Se debe analizar un sistema de ajuste adecuado para la propuesta.**

- **(!) La estructura planteada reacciona bien ante los posibles escenarios. Se debe estudiar más a fondo el desarrollo estructural para la cámara domo, pues no se puede garantizar la seguridad del dispositivo.**

5.7 PRESENTACIÓN PROPUESTA FINAL

A continuación se presenta la alternativa final, la cual fue producto de la unión de los aspectos más relevantes y mejor logrados durante el proceso de bocetación y diseño. Esto, unido a las observaciones realizadas por parte del equipo de expertos de Tecnoparque SENA.

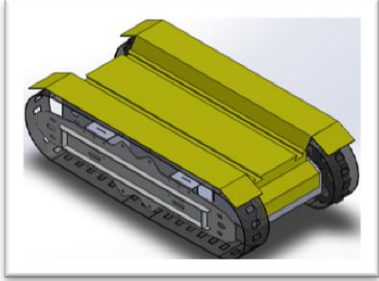
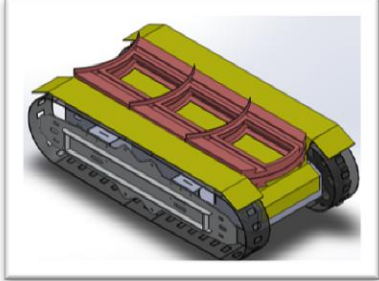
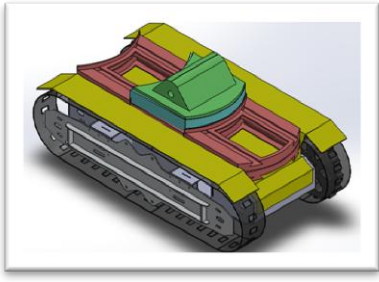
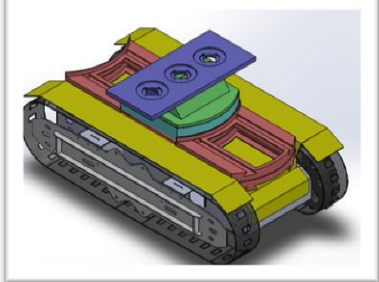
En esta propuesta final se abarca desde el diseño del espacio disponible para la ubicación de los sistemas electrónicos y de datos al interior de la estructura. Para esto se propuso crear una regleta que permita la conexión de dispositivos independientemente de su ubicación. En esta propuesta, las entradas para alimentar los dispositivos y para la transmisión de datos se encuentran ubicadas al interior de los rieles, planteando que al deslizar los módulos estos sirvan de protección contra las condiciones ambientales.

Se diseña un módulo básico, que se plantea como el escalón para los desarrollos posteriores. Es una estructura hueca que fue diseñada para que permita el montaje de cualquier sistema electrónico necesario. El segundo módulo, similar en forma, se denominó “modulo plano” y estaba directamente relacionado con los alcances actuales del proyecto.

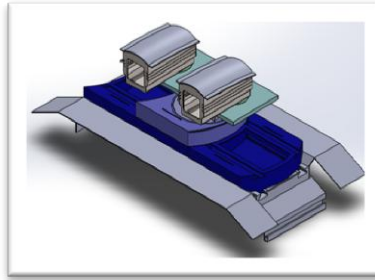
Para el modulo plano se diseñó un sistema de movimiento usando engranajes cónicos rectos, lo que permitía que la plataforma superior girara 180° aproximadamente. Este módulo es el que se encarga de permitir el movimiento en dos grados de libertad a los dispositivos de visión.

Avanzando a grandes rasgos, se puede hablar del diseño de una plataforma para la sujeción de los dispositivos. Tanto las cámaras con housing o con la propuesta de carcasa pueden ser implementadas en esta superficie, generando así las combinaciones necesarias. El acople de estas cámaras permitía tres posibles ubicaciones, lo que facilitó que se pudiera realizar el montaje de una o dos cámaras al tiempo.

Tabla 17. Presentación propuesta final al equipo de Tecnoparque SENA.
Fuente: Autores del proyecto

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL	
ESTRUCTURA BASE	MODULO BÁSICO
	
MODULO SUPERIOR	PLATAFORMA PARA LAS CAMARAS
	

CARCASA PROPUESTA



Fuente: Autores del proyecto.

5.8 DISEÑO A DETALLE

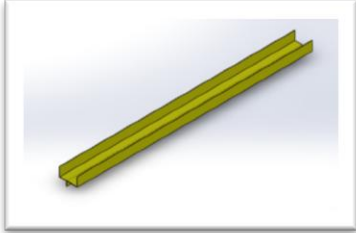
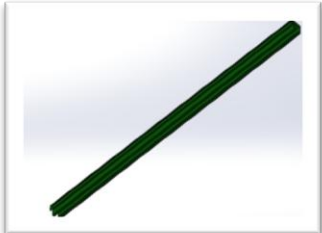
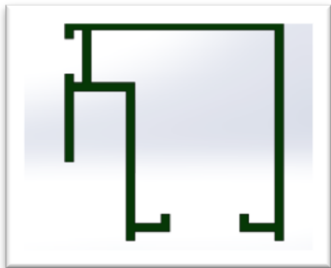
A partir de la evaluación de las alternativas, se retomaron los conceptos más sobresalientes y se unificaron a la propuesta ganadora. Con esto, se obtuvo una propuesta completa y rediseñada en función de los requerimientos del equipo de expertos de Tecnoparque SENA.

5.8.1 Presentación de los componentes estructurales.

Tabla 18. Tabla de piezas y descripción del planteamiento del diseño.

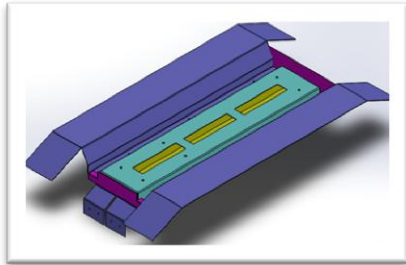
DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
PIEZA 1: ESTRUCTURA BASE	
	<p>La propuesta de diseño que se planteó incluye el desarrollo de una estructura base, la cual se ancla sobre la superficie de la plataforma móvil robótica. Para este fin, se contó con una cubierta laminar a la que le fue adaptada, para fines del proyecto, unas roscas de sujeción. Se propuso fijar el sistema en diez puntos debido a la acción de las fuerzas externas, vibración del sistema a causa del desplazamiento de la plataforma, peso estructural, entre otras. El diseño de la estructura base se realizó de tal forma que fuera incluida la superficie de extensión necesaria para el desarrollo de fases siguientes y la implementación de nuevos dispositivos, tal cual se estableció en los requerimientos al iniciar el proyecto. La superficie ampliada se denomina alerón, y tiene una doble función, además de extender la superficie, ejecuta a su vez tareas de protección de los</p>

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
	<p>dispositivos de visión de posibles salpicaduras en terrenos empantanados.</p> <p>La base estructural incluye la instalación de los rieles y un espacio destinado al hospedaje del sistema eléctrico.</p>
PIEZA 1: ESTRUCTURA BASE	
	<p>Al momento de abordar la etapa de producción, se acordó, junto al equipo de expertos de Tecnoparque, la división de la pieza en dos. Esto con el fin de facilitar la elaboración de la pieza por doblado, reduciendo así los procesos de producción y por consiguiente los costos involucrados en el proyecto.</p> <p>Los dos componentes de la estructura base se planearon para ser construidos a partir del uso de una lámina de acero doblada, aumentando así las características de resistencia</p>
PIEZA 2: TAPA FRONTAL ESTRUCTURA BASE	
	<p>Por construcción, la estructura base fue dividida en varias piezas, las cuales, se unen en un montaje final formando un solo elemento. Esta tapa se ubica al frente, protegiendo la estructura de la entrada del agua y residuos del entorno. Así se garantiza la protección de los circuitos internos hospedados al interior de la base. Dicha pieza, se sujeta a la parte A y B de la estructura de la base haciendo uso de tornillos. Esta tapa sigue el perfil frontal permitiendo el paso de los rieles sin inconveniente alguno.</p>
PIEZA 2: TAPA POSTERIOR ESTRUCTURA BASE	
	<p>La pieza que cierra la estructura base es la tapa posterior. Esta pieza cumple la misma función de protección que la tapa frontal, pero el diseño para su construcción varió notoriamente en forma, dimensiones y la manera en que se realiza la sujeción. Con la implementación de esta tapa lo que se buscó fue, que a través del diseño y las dimensiones, se pudiera crear un tope de movimiento para los rieles que fueron implementados en la estructura evitando que se salgan los componentes modulares.</p>

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
PIEZA 3: REGLETA PARA LA ENTRADA/SALIDA DE DATOS Y ALIMENTACIÓN ELECTRICA	
	<p>Cuando el diseño pasó a etapa de construcción, se debieron implementar cambios significativos en la propuesta. De mano del equipo de expertos de Tecnoparque SENA se planteó la implementación de un perfil comercial adaptado a la función de hospedar las entradas/salidas de datos y recursos energéticos. El perfil fue ubicado al centro de la estructura base para de esa manera ofrecer conexión de los dispositivos desde cualquier ubicación en la plataforma. Se planteó un espacio amplio al interior de la estructura base destinada al alojamiento de cables y sistemas eléctricos, pero cuya conexión se planeó desde este punto.</p>
PIEZA 4: RIEL DE DESPLAZAMIENTO	
	<p>La propuesta de riel inicial que se planteó para la estructura se contemplaba como una pieza que formara parte de la plataforma base o fuera incluida dentro de la forma de los distintos componentes modulares. El diseño proponía el prototipado de un riel y su respectivo complemento. Sin embargo, de mano del equipo de expertos de Tecnoparque se optó por la compra y la implementación de rieles estándar que pueden ser hallados comercialmente. El riel se ajusta a lado y lado de la estructura base gracias a que el diseño destino un espacio especial para ese fin, contando con las dimensiones necesarias para garantizar el deslizamiento de las piezas. Debido a que el riel planteado presenta un juego entre las piezas que lo componen, se hizo necesario implementar un material de soporte que ajustara las piezas y las mantuviera fijas. Para este fin se utilizó espuma Eva. El primer juego de rieles va a lo largo de la estructura base, permitiendo el posterior montaje de los componentes modulares. El segundo par de rieles se ubica, precisamente, en la parte inferior de los módulos y así mismo, en la parte superior. Garantizando que la propuesta funcionará como una estructura abierta y con posibilidad de desarrollo en etapas posteriores a la culminación de la primera fase.</p>
PIEZA 4: RIEL DE DESPLAZAMIENTO	
	<p>En la imagen se muestra el perfil final por el que se optó para el riel. Es una figura compleja, con la que se planteó limitar el movimiento de deslizamiento al plano horizontal, buscando brindar la seguridad de que los dispositivos implementados se mantendrían fijos en la estructura si se realizará algún intento por retirarlos verticalmente. Los rieles que se implementaron soportan el peso del montaje, además, con el material de apoyo se buscaba garantizar un deslizamiento adecuado y controlado. Para la configuración de la estructura se planteó el uso del mismo perfil. Garantizando la ubicación</p>

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES

libre de módulos al interior de la estructura.

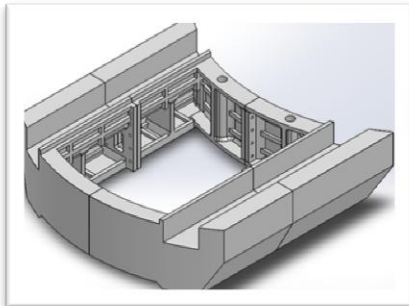


En el área disponible de la plataforma para la sujeción se planteó la sujeción de las piezas A y B. Quedando de esa manera armada la estructura base para el montaje respectivo de los componentes y de dispositivos. El diseño de la estructura base, tiene como finalidad el soporte del peso, montaje de los rieles, mantener las piezas fijas durante el montaje, además de contar con un espacio destinado al hospedaje del sistema eléctrico, de datos y los cables, necesarios para el funcionamiento de la plataforma. Al centro se planteó el montaje de un perfil para la contención de las regletas necesarias para proveer de energía a los dispositivos, además de las entradas/salidas de datos Ethernet.

La pieza se planteó de manera que al completarse el armado final y el montaje se contara con una estructura lo más hermética posible. Evitando de esa manera que el agua penetre.

La propuesta a su vez, plantea unos soportes complementarios al centro de la plataforma, donde se unen la regleta y las pestañas de las piezas A y B de la plataforma.

PIEZA 5: MODULO BASE

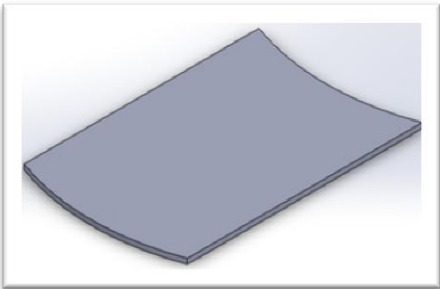
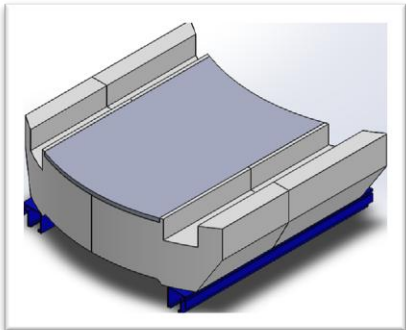
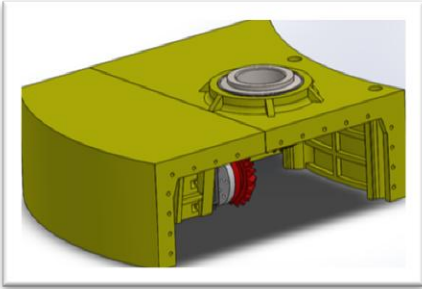


El primer componente modular de la propuesta se denominó “módulo base” y descansa sobre la estructura. Se realizó el diseño para que un solo módulo ocupara aproximadamente un tercio del área de trabajo según los requerimientos del proyecto. Este módulo se propuso debido a la necesidad de generar una estructura abierta, que permita el albergue de nuevos dispositivos en etapas posteriores de desarrollo.

Debajo de este módulo se encuentra el segundo par de rieles, que se extienden a lo largo del mismo y se ajustan con la estructura base. A su vez, cuentan con un tercer par, los cuales descansan a lado y lado, en la cara superior del módulo, permitiendo el montaje de más piezas sobre ellos.

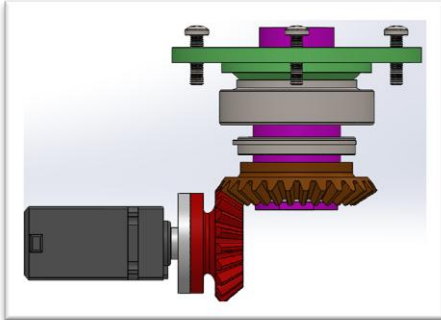
En la propuesta, el modulo hueco cuenta con una superficie removible, la cual, permite el montaje, protege los sistemas eléctricos y evita la entrada de agua y elementos del entorno que afecten el desempeño de la plataforma.

Finalmente, se propuso que, el montaje mínimo de la propuesta se realizara a partir de la estructura base y la implementación de tres módulos.

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
PIEZA 6: TAPA MÓDULO BASE	
	<p>Esta superficie se propone como apoyo para la cámara térmica en combinaciones específicas. Protege a los sistemas internos del módulo básico. A futuro se proponen sirvan de superficie estable para el montaje de dispositivos de recolección de datos distintos. Se proponen tapas diseñadas según el dispositivo a implementar.</p>
MÓDULO BASE COMPLETO	
	<p>Finalmente la propuesta final del módulo base se desarrolló para ser prototipado en ABS generando así una estructura estable y resistente que soporte las cargas que se deben ser ubicadas sobre él. Para abordar el proceso de producción, se tomó la decisión junto con el equipo de expertos, de realizar una división del módulo final en cuatro cuartos para poder ser prototipado. El modulo base está diseñado para funcionar como base de todo el sistema. Se deslizan sobre los rieles de la plataforma base generando así el primer nivel de la propuesta modular del proyecto.</p>
PIEZA 7: MODULO PLANO	
	<p>El modulo plano forma el nivel superior de la estructura, y fue propuesto para el montaje de los dispositivos. Tanto este módulo, como el módulo inferior base se diseñaron a partir de la misma forma, buscando crear una estructura estándar. Es en este módulo en donde se realizó el montaje de los motores y piñones necesarios para generar los grados de libertad necesarios y al que el operario puede acceder por la parte inferior.</p> <p>Es una carcasa que protege los componentes y permite el montaje de los rieles, los cuales son los que realizan la unión entre módulos. En el diseño que se entregó, el módulo se plantea para ser ubicado en el segundo tercio del área disponible para el montaje de dispositivos, sin embargo, se propone para el desarrollo de etapas futuras la ubicación libre. Debido al peso, esta carcasa cuenta con un soporte estructural interno y al igual que el anterior, se realizó una división en cuatro zonas, protegiendo el centro para garantizar la exactitud en el momento de prototipar la pieza correspondiente.</p>

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES

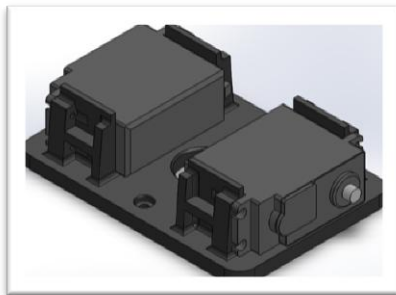
PIEZA 8: MECANISMO INTERNO DE ROTACIÓN HORIZONTAL



El alcance máximo planteado para el movimiento de esta plataforma es aproximadamente de $\pm 90^\circ$. Sobre esta plataforma móvil se propuso la ubicación de los dispositivos de visión. Para generar el movimiento horizontal de la plataforma móvil se implementó un solo motor junto a un juego de piñones. En cuanto al eje, se planteó que fuera capaz de brindar el apoyo suficiente a la plataforma móvil evitando los desplazamientos laterales debido a los pesos de los dispositivos..

Se diseñó la estructura para ubicar en la carcasa inferior un rodamiento incrustado a presión, y arriba en el plato móvil, ubicar un segundo rodamiento que mantiene fija la estructura superior y brinda estabilidad y seguridad al momento de realizar los desplazamientos de los dispositivos. Los rodamientos y sus características fueron definidos por la facilidad de conseguirse comercialmente.

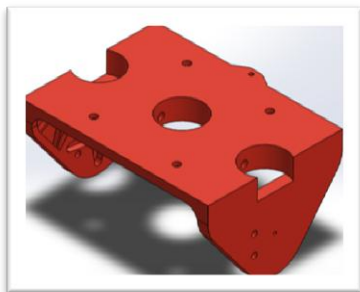
PIEZA 9: MOTORES



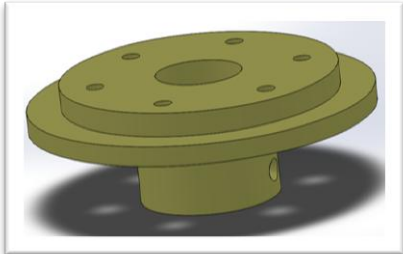
La referencia del motor es HS-805bb MEGA $\frac{1}{4}$ Scale Servo, de la marca Hitec y son fáciles de conseguir comercialmente. El torque que genera se aproxima a los 19.8 Kg.cm y cuenta con dimensiones aproximadas de 66x30x58 mm.

Para el movimiento vertical, se planteó por su parte el uso de dos motores directos que garanticen la fuerza necesaria para sostener los dispositivos de visión estables. La escogencia de los motores destinados a generar los movimientos necesarios al interior de la estructura estuvo en función de los motores disponibles en el inventario de Tecnoparque SENA. Se estableció que para contrarrestar la acción del movimiento los motores debían fijarse a la estructura.

PIEZA 10: PLATAFORMA PARA LAS CÁMARAS A



La estructura se diseñó para permitir el montaje de los dispositivos de visión sobre una superficie robusta. Es una estructura en forma de U que cuenta con un mayado interno para favorecer la estructura y el soporte adecuado de las cargas, además cuenta tres ubicaciones de ajuste para las cámaras con el housing o ya sea implementando la propuesta de carcasa. Cuenta con orificios para la realización del cableado, los que se deslizan hasta la plataforma donde se realiza la conexión respectiva. Para el movimiento de esta pieza se realizó un acople directo a los ejes de los motores. Esta plataforma está diseñada de tal manera que una sola estructura permita por lo menos dos montajes distintos según la misión a ejecutar. La pieza tiene canales internos que sirven de guía para el

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
	mecanismo de acople para las cámaras, el cual se explicara más adelante.
PIEZA 11: PLATAFORMA PARA LAS CÁMARAS B	
	<p>Esta plataforma se planteó como alternativa de solución para la construcción de la pieza. Se une a la plataforma anterior haciendo uso de tornillos tipo Bristol y su función es asegurar las cámaras que se han de implementar. Es la pieza que permite al equipo de expertos ubicar las cámaras del montaje en el lugar que deseen según la misión a ejecutar.</p>
PIEZA 12: ENSAMBLE PARA LOS DISPOSITIVOS DE VISIÓN HD - TÉRMICA	
	<p>Para el diseño de esta pieza se tomó como referencia la disposición del sistema de acople del housing de las cámaras. Con esto, lo que se buscó fue estandarizar la manera en que se llevaría a cabo el acople de los dispositivos en la plataforma. La pieza consiste en una pieza circular que va justo debajo de las cámaras y que, a través de tornillos, permite realizar la sujeción. Esta pieza, tiene una saliente al centro que encaja en la superficie siguiente, de tal manera se realiza una ubicación exacta de los dispositivos. Se asegura el sistema a través del uso de una barra rígida.</p>
PLATAFORMA MÓVIL MOVIMIENTO VERTICAL	
	<p>En la imagen se observa el montaje de la parte superior de la propuesta del módulo plano. Es la combinación de las cámaras HD y térmica usando la propuesta de carcasa propuesta. Ambas cámaras se orientan al mismo lado para garantizar la captura adecuada de imágenes y permitir al equipo de expertos la comparación de datos. Esta combinación ubica los dispositivos a lado y lado de la plataforma superior, con el fin de distribuir equitativamente los pesos. En algunas combinaciones se requiere el uso de una sola cámara, por lo que se diseñó un sistema que permite dicho montaje y centre los pesos al centro de la estructura favoreciendo la estabilidad.</p>

DETALLE DE PIEZAS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES MODULARES	
PIEZA 13: CÁRCASAS PROPUESTAS	
	<p>La propuesta de diseño de las carcásas nació de la necesidad de reducir el peso y las dimensiones de volumen que involucra el uso del housing para las cámaras. Dicho housing cuenta con sistemas especiales que debido al tiempo de uso de la plataforma no son necesarios, y si al contrario, el peso hacen que los recursos energéticos se agoten rápidamente. La cámara de la propuesta de diseño protege los dispositivos de la acción del agua y permite la circulación del aire. La propuesta de diseño se reforzó con la creación de una maya estructural al interior de la pieza. Esto con el fin de favorecer el proceso de prototipado. Para los cables se hizo un orificio por la parte inferior que permite realizar las conexiones necesarias para el funcionamiento del dispositivo de visión. Para el proceso de prototipado esta pieza debió ser dividida en dos piezas que luego fueron ensambladas. La tapa tiene la función de cerrar el sistema. Es una pieza sencilla y delgada que va ubicada en la superficie de la carcásas y se ajusta a través del uso de tornillos.</p>

Fuente: Autores del proyecto.

5.8.2 Propuesta cámara domo. Al finalizar el proceso de diseño y la correspondiente presentación de la propuesta, se contaba con una estructura pesada y robusta con el fin de mantener la cámara domo ubicada en la posición indicada por los expertos de Tecnoparque SENA. Debido al peso de la cámara y la distancia se hizo mucho énfasis en lograr una solución estructural acorde con los parámetros de seguridad, dimensiones y funcionalidad.

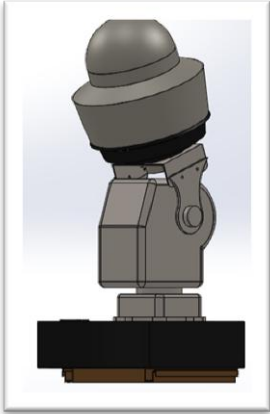
Al hacer una revisión de todas las alternativas y las opciones de solución se habló con el equipo de expertos para determinar cuál era el interés real en el uso de la cámara domo. El ángulo de visión tan amplio con el que cuenta el dispositivo es realmente el potencial de la cámara, por lo que se acordó que la cámara fuera ubicada con la base sobre un módulo y a través de un algoritmo de programación la imagen recibida por el dispositivo fuera invertida y reflejada.

Con este acuerdo lo que se logró fue evitar la construcción de una estructura robusta que limitara la movilidad de la plataforma y género en su lugar dos posibles propuestas de implementación de la cámara.

Propuesta uno. A continuación presentamos la propuesta que fue planteada al equipo de expertos de Tecnoparque SENA para la implementación de la cámara domo luego del análisis respectivo acerca de las posibilidades de uso.

Tabla 19. Tabla de piezas y descripción del planteamiento de diseño.

PIEZA 1: MOTOR DE POSICIONAMIENTO	
	<p>Entre los dispositivos adquiridos para el desarrollo de este proyecto se contó con un motor de posicionamiento cuya misión inicial era brindar apoyo y permitir el movimiento de una de las cámaras. Realmente su beneficio no era relevante. Sin embargo luego de la evaluación del uso del dispositivo de visión de domo el motor adquiere un papel más relevante dentro del desarrollo de la propuesta.</p>
PIEZA 2: ACOPLER PARA LA CÁMARA DOMO	
	<p>El motor original contaba con una pieza destinada al ensamblaje de otro tipo de cámara, por tal razón, la opción de diseño planteada fue la construcción de una pieza nueva que pudiera ser cambiada en el motor de posicionamiento y ofreciera el acople para la cámara domo. Esta pieza parte de las dimensiones de la pieza original, sin embargo se diseñó para que fuera útil dentro del conjunto general.</p>
PIEZA 3: PLATO DE ACOPLER CÁMARA DOMO	
	<p>Finalmente se diseñó el plato de ajuste. Desde el inicio del proyecto se acordó que esta pieza no sería prototipada pues se temía no pudiese soportar el peso de la cámara domo. El diseño se planteó para que pudiera ser maquinada y construida a la medida del dispositivo. De esta manera se garantizó el ajuste correcto y se estabilizó al momento de ejercer movimientos de inclinación de la plataforma.</p>

MONTAJE TOTAL DE LA CAMARA DOMO	
	<p>De mano del equipo de expertos se acordó el diseño de una propuesta que involucró más activamente el motor de posicionamiento dentro del diseño total de la propuesta. En este caso, el motor de posicionamiento es modificado en la lámina de soporte para permitir el acople adecuado del dispositivo de visión de domo. El plato anteriormente descrito se sujeta a los tornillos de la copa de la cámara domo. El rango de movimiento del motor va desde 80° hasta -10°. El sistema de ajuste se intentó realizar de la forma más sencilla posible.</p>

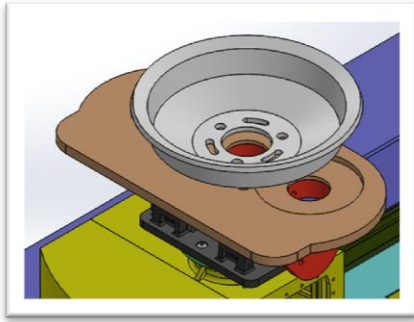
Fuente: Autores del proyecto.

Propuesta dos. En esta propuesta, por su parte, se retomó el diseño de la plataforma para las combinaciones de las cámaras HD y térmica. Se buscó aprovechar una nueva forma de implementación del dispositivo de domo. A continuación se describen las piezas que se han propuesto para esta segunda implementación de la cámara domo.

Tabla 20. Tabla de piezas y descripción del planteamiento de diseño.

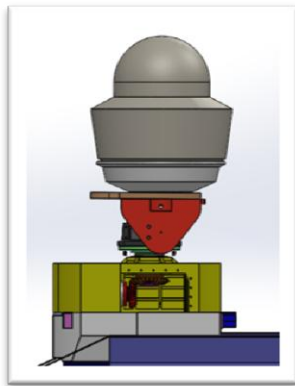
PIEZA 1: PIEZA DE ACOPLER ESTANDAR	
	<p>Gracias al diseño planteado de un sistema de acople estándar es posible retomar el montaje de la cámara domo a partir de aquí. En este caso, la primera pieza de este segundo montaje es el disco de acople. Dicho disco se ancla directamente a los tornillos ubicados en la copa del dispositivo de visión. Este disco a su vez permitirá que la cámara sea ubicada sobre la plataforma que se mueve por la acción de los motores.</p>
PIEZA 2: PLATO DE AJUSTE CÁMARA DOMO	
	<p>El disco es una pieza estándar hecha para el montaje únicamente de la cámara domo en cualquiera de las dos situaciones posibles. Este plato genera un apoyo desde la parte inferior del domo y lo mantiene asegurado a la plataforma de movimiento. El domo es una pieza delicada debido al enorme domo de vidrio que cubre su lente. Por lo que debe tener un acople adecuado que estabilice la pieza.</p>

PIEZA 3: PLATAFORMA CÁMARA DOMO



En esta imagen se puede observar el montaje del plato sobre la plataforma de la cámara domo. Esta parte del diseño se propone estándar con el fin de facilitar la fabricación de las piezas. El plato se sostiene a la plataforma y realiza los movimientos que están descritos anteriormente. Aproximadamente 45° a -45° . Para este diseño se propone que la cámara domo se ubique al centro de la estructura con el fin de mantener el centro de masa dentro de la plataforma.

MONTAJE TOTAL DE LA CAMARA DOMO



En esta imagen se ilustra el montaje total del diseño propuesto para el ajuste de la cámara domo. Es una pieza hecha para conservar el centro de masa centrado en relación con la plataforma, esto con el fin de evitar una fuerza de torsión que debilite la pieza debido a la fatiga.

Fuente: Autores del proyecto.

La propuesta del dispositivo domo evitó, con cualquiera de estas nuevas configuraciones, que se generara un torque al interior de la plataforma producto de la distancia a la que debía mantenerse elevada la cámara domo. Dicho torque representaba una posibilidad de falla del sistema en posibles situaciones de desnivel del terreno. Esta propuesta no se lleva a la construcción por limitantes en el proceso de producción. Sin embargo representa una posibilidad de que la plataforma tenga un movimiento más fluido y versátil, ya que existe la posibilidad de variar la altura de forma más segura y con una estructura menos compleja que el uso de un brazo de elevación.

5.8.3 Revalidación de dispositivos

Iluminador. Desde el inicio del proyecto se tuvo en cuenta el diseño de una estructura destinada a la ubicación de un sistema de apoyo para la captura de imágenes en espacios de poca luminosidad. Sin embargo, debido al uso de la cámara térmica y la posible interferencia de la temperatura que genera el dispositivo de iluminación se hizo necesario realizar pruebas para asegurar la correcta implementación de los dispositivos y garantizar el funcionamiento de los mismos sin problema alguno. La primera parte de la prueba se realizó llevando a cabo un registro de la elevación de la temperatura del iluminador en una hora. A continuación se hace el registro de la captura de la información y se ordena la información en la siguiente tabla.

Protocolo primera prueba iluminador

Objetivo General.

Establecer si el dispositivo de iluminación genera alguna interferencia sobre la recolección de imágenes que realiza la cámara térmica.

Objetivos Específicos

- Determinar el grado de interferencia del dispositivo de iluminación sobre la cámara térmica cuando el dispositivo ya lleva tiempo funcionando.
- Determinar la zona de seguridad para lograr la ubicación del dispositivo de forma segura y que no afecte la recepción de imágenes.
- Documentar los datos obtenidos.

Desarrollo de la prueba primera parte. Para la prueba se requiere el montaje de la cámara térmica en un cuarto oscuro y el dispositivo de iluminación. Los dispositivos se encienden al tiempo y se establece una hora como horario límite

para la realización de la prueba debido a limitantes del sistema de alimentación de la cámara.

Se diseñó un formato de toma de resultados y se toma como temperatura inicial la que se registra cinco minutos después de haber sido comenzada la prueba. De esa manera en intervalos de cinco minutos y hasta llegar al final de la hora los valores de la variable de temperatura son documentados. Para la toma de temperatura se necesita de un medidor de calor y se tomarán los registros de los laterales, el frontal, superior y posterior del dispositivo.

A continuación se presenta la tabla de valores documentados durante la prueba.

Tabla 21. Registro del aumento de la temperatura y el punto máximo alcanzado por el iluminador.

MEDICIÓN TEMPERATURA (5 Minutos)	ILUMINADOR				
	Frente	Superior	L. derecho	L. izquierdo	Posterior
T0	29	30	29	30	32
T1	29	30	32	32	34
T2	33	32	32	32	37
T3	33	33	35	35	38
T4	34	34	35	35	41
T5	35	35	36	36	41
T6	32	32	37	37	43
T7	34	34	37	37	43
T8	34	34	37	37	43
T9	35	35	38	39	43
T10	37	37	38	38	43
T11	37	37	38	38	44
Temperatura Promedio	33,5	33,6	35,3	35,5	40,2

Desarrollo de la prueba segunda parte. En esta segunda parte de la prueba, se requiere de la temperatura máxima alcanzada por el dispositivo de iluminación. Se ubica en posiciones cercanas por debajo del rango de visión de la cámara térmica y se desplaza lo más cerca al lente pero fuera del rango de visión del dispositivo.

Es una prueba sencilla que se realiza con el fin de verificar la interferencia del iluminador sobre el desempeño de la cámara. Luego de realizado el acercamiento máximo al lente, se procede a apagar el sistema de alimentación de la cámara térmica.

Conclusiones de la prueba.

Al finalizar la prueba se puede concluir que la cara posterior del dispositivo es la que más presenta elevación de la temperatura, llegando a alcanzar un valor de 44° centígrados, lo suficiente para generar interferencia en la percepción de la imagen de la cámara térmica.

Se requería hallar la correcta ubicación del dispositivo de iluminación por lo que se probaron distancias iluminador-cámara para analizar la posible interferencia de la temperatura, sin embargo al final de la prueba se pudo constatar que no es problema alguno siempre y cuando el iluminador permanezca fuera del grado de visión de la cámara.

Protocolo segunda prueba iluminador

Objetivo General.

Evaluar la utilidad del iluminador como potencializador de las características de visión de la cámara HD y la posible mejora en la toma de imágenes en ambientes de poca luminosidad.

Objetivos Específicos

- Determinar las características reales de la visión nocturna de la cámara HD en situaciones de poca luz.
- Determinar la zona de acción del iluminador, revisando su alcance y el grado de apertura del rayo de luz.
- Evaluar la utilidad del dispositivo de iluminación en la mejora de la recolección de imágenes al implementarlo en zonas de poca iluminación

Desarrollo de la prueba.

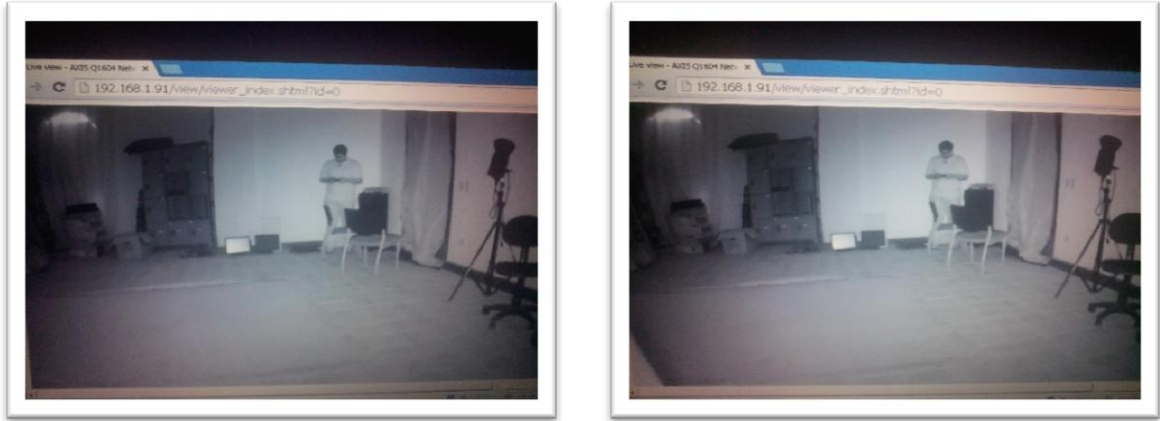
Se debió realizar el montaje de la cámara HD en el cuarto oscuro de la prueba anterior. Se activa el IP del computador para la recepción de imágenes y se ubica el iluminador a unos 15 cm de distancia del eje del dispositivo de visión. La luz que emana no es visible al ojo humano, por lo que se requiere examinar la pantalla del computador en busca del rayo de luz.

Se deben tomar los registros necesarios para documentar la prueba. En este caso se realizaron videos para la captar el comportamiento del sistema iluminador – cámara HD. El iluminador se prueba a diferentes algunas y finalmente es retirado para comprobar la afectación a la cámara.

Conclusiones de la prueba.

La segunda prueba que se realizó requería la activación de la cámara HD y el iluminador, con esto con el fin de analizar el conjunto y revisar el impacto en la mejora de captura de imágenes con la implementación del dispositivo. Este ejercicio se realizó debido a la falta de conocimiento que se tenía acerca del funcionamiento de los dispositivos involucrados y en pro de garantizar la mejor ubicación del iluminador respecto al rango de visión de la cámara y el rayo de luz infrarroja, atendiendo de antemano las indicaciones de la empresa fabricante.

Ilustración 34. Imágenes de la prueba del iluminador. Izquierda: Imagen captada sin el iluminador. Derecha: Imagen captada con la implementación del iluminador.

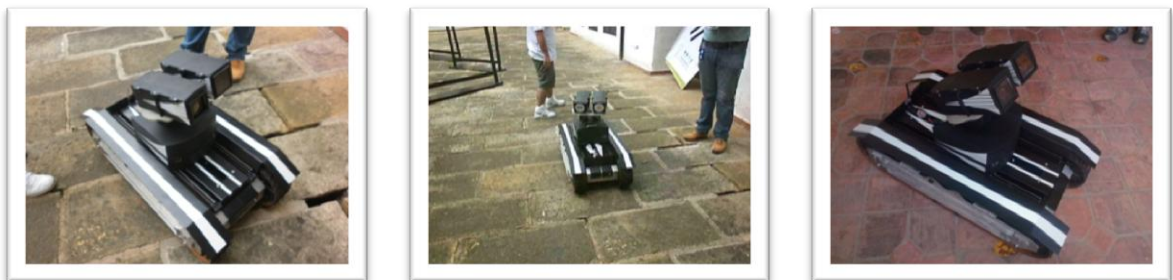


Fuente: Autores del proyecto.

Al final de la prueba se concluyó que las características de la cámara le permiten obtener, por si sola, una buena resolución de imágenes en ambientes oscuros, por lo que, de la mano del equipo de expertos de Tecnoparque SENA se tomó la decisión de mantener a la cámara sin el apoyo del iluminador.

5.8.4 Diseño formal-estético

Ilustración 35. Muestras de los componentes gráficos de la plataforma.



Fuente: Autores del proyecto.

Para la parte gráfica, se recurrió a formas lineales sencillas que proyectaran fluidez. El diseño contempló el uso del color negro para la totalidad de las piezas, generando de esa manera una estructura compacta visualmente. Sin embargo, para generar el contraste fue necesario el uso de detalles superficiales en cinta reflectiva.

La cinta reflectiva usada para los acabados tiene como función principal otorgarle visibilidad a la plataforma en condiciones de poca luz. Es decir, permitir que el usuario pueda reconocer el lugar de la ubicación gracias a la luz que reflejan los componentes gráficos.

Como parte de la propuesta se realizaron formas fluidas que a su vez, indicaran al usuario que interactúa con la plataforma la manera en que sus componentes estructurales deben ir ubicados. Son formas delgadas y alargadas que se ubican tanto al centro de la estructura como sobre sus alerones. Es así que todas las formas dan la impresión de fluir en una sola dirección, pues como respuesta al proceso de armado se definió que la propuesta debía recurrir a movimientos repetitivos con el fin de generar un sistema sencillo de montaje.

Finalmente para las cámaras se usaron dos símbolos característicos, el uso de las letras HD para identificar la cámara de visión en alta definición y un triángulo amarillo, que permite al usuario reconocer cual es la carcasa que pertenece a la cámara térmica.

5.9 ANALISIS Y ESTUDIOS ESTRUCTURALES

A continuación se hace el registro de los estudios que se aplicaron a las piezas respectivas del diseño de la propuesta y a todas aquellas involucradas en las diferentes combinaciones. Esto con el fin de validar el diseño y las características mecánicas de los materiales usados.

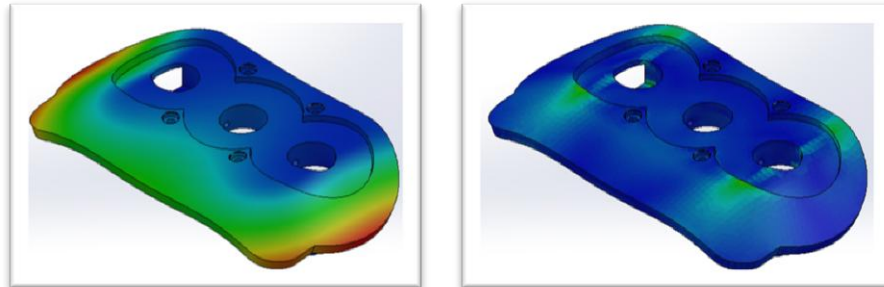
Para el estudio se recurrió a los análisis por programa CAE, los cuales a través de una simulación permiten formar una idea aproximada del comportamiento de las piezas al ser sometidas a la carga real. Los estudios corresponden a un estudio estático.

Dichos estudios se realizan tomando en consideración los pesos de los dispositivos, los valores de los pesos de las piezas internas y el valor correspondiente a la gravedad. La carga generada sobre la pieza debido a los pesos se aplica como fuerza normal. Salvo en los casos en que la plataforma ha sido inclinada para conocer los comportamientos de las piezas en estos casos especiales.

A continuación se presentan los resultados de las distintas piezas validadas y los resultados respectivos en cuanto a desplazamientos, tensiones y el factor de seguridad necesario para garantizar el diseño. **Ver ANEXO H para el informe detallado del análisis del estudio realizado a las distintas piezas.**

5.9.1 Plataformas para las cámaras. Esta pieza se analizó en la posición 0 del sistema. La idea del análisis es conocer el funcionamiento de las estructuras y el comportamiento de las piezas y los materiales que la componen. Este primer estudio involucra dos piezas, las cuales se destinan para la sujeción de las cámaras HD y térmica. Las fuerzas que fueron aplicadas son la conversión cámaras en carga distribuida sobre la superficie y el valor de la fuerza de la gravedad. Los estudios fueron realizados gracias al apoyo del equipo de profesionales de Tecnoparque SENA.

Ilustración 36. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras.



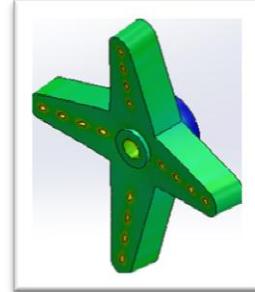
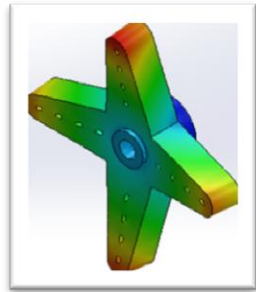
En este caso observamos la deformación de la pieza al someterse a la carga. Se observa una deformación en el área de la superficie superior sobre el área que se encuentra en voladizo, cuyo valor corresponde aproximadamente 0.046 mm.

El programa permite a su vez la simulación del material del que se componen las piezas. En esta gráfica se observa las zonas en las que se presentan las mayores tensiones debido a la carga aplicada. El valor usado corresponde al peso de las cámaras junto con las carcasas (aproximadamente 3.5 kg) más el 30% del peso.

Finalmente, es necesario establecer un factor de seguridad, el cual es un cociente entre el valor calculado de la capacidad y el valor que se puede llegar a esperar de la pieza al aplicarle la carga real. Para este estudio se determinó un factor de seguridad ubicado en 2.7

5.9.2 Soporte estrella plataforma. El soporte de la plataforma descansa sobre el soporte del eje del motor. Sobre las caras externas de esta pieza aplicamos una fuerza de 23.5 N, equivalente al peso repartido total de la plataforma de las cámaras. A continuación presentamos los resultados del estudio simulado en programa CAE.

Ilustración 37. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras.



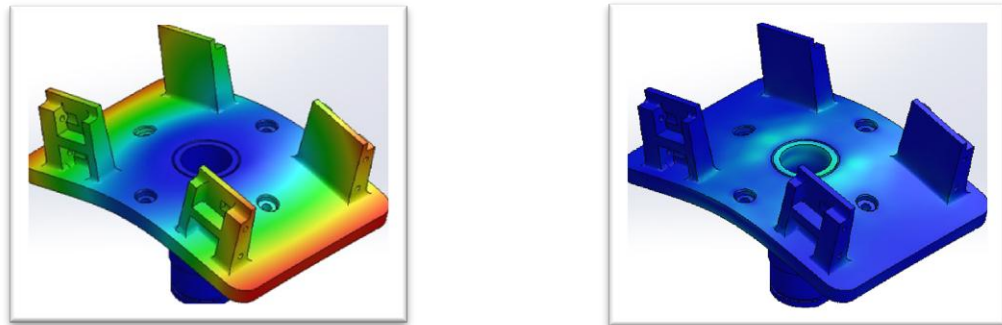
La pieza sufre una deformación aproximada de 0.03 mm. En la estructura se cuenta con dos soportes en estrella que se encargan de soportar la plataforma superior de las cámaras. Al interior de la pieza la estructura se mantiene estable mientras que la mayor zona se encuentra hacia las puntas de la misma. En este caso la fuerza fue aplicada de manera total sobre las caras externas teniendo en cuenta que al centro se encuentra un tornillo que sujeta la pieza con el eje del motor.

En la simulación podemos apreciar la tensión a la que es sometido el cuerpo cuando la carga actúa sobre él. El rango aproximado en la que se encuentra la tensión es 418.2 N/m^2 . El material para la simulación debió ser construido a partir de la búsqueda de tablas aproximando valores. La pieza sufre en su mayor parte tensión debido a la carga que se ejerce sobre ella.

En el estudio finalmente se aplicó un factor de seguridad para poder garantizar el funcionamiento de la pieza como debe ser. El material del que está hecho cada uno de los soportes estrella es un material desarrollado por la empresa Hitec y que se conoce como Karbonita de alta densidad. El factor de seguridad de esta pieza se encuentra en 1.3.

5.9.3 Plataforma motores – eje de movimiento. Este estudio involucra el análisis de dos piezas de materiales con características mecánicas distintas. Mientras la parte destinada a funcionar como soporte del motor está construido en ABS, el eje se encuentra mecanizado en aluminio, dicha pieza sostiene la plataforma y que transmite el movimiento del motor inferior en un rango de 180°.

Ilustración 38. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de las cámaras y las piezas de soporte superior



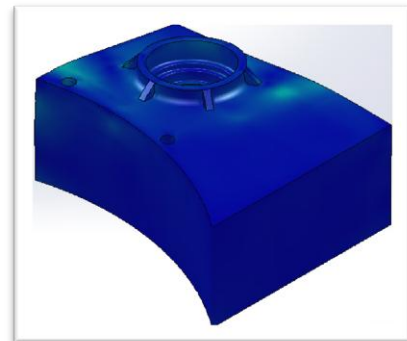
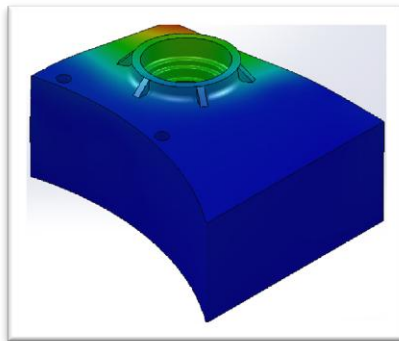
Con la fuerza aplicada, la cual corresponde equitativamente a la suma de los pesos de las piezas superiores que componen la plataforma se obtiene la deformación que se observa en la imagen. Como se observa, la pieza presenta una deformación hacia los extremos debido a la línea de acción de la carga. El programa ejecuta la deformación en una escala mayor, sin embargo esa deformación corresponde a un valor de 0.29 mm.

El análisis realizado a la pieza revela zonas de tensión ubicadas cerca al eje de soporte y otras pequeñas marcas cerca de los soportes que sostienen los motores fijos. La tensión de estas zonas se aproxima a un valor de 1907289 N/m². El análisis realizado a esta pieza está en función de los dispositivos usados en esta primera fase. Por lo tanto, en un futuro al ser necesaria la implementación de nuevas herramientas se debe aplicar nuevos análisis.

Finalmente se realizó la aplicación del factor de seguridad, que en este caso se aproxima a un valor de 2.8 para el fragmento de sistema analizado. Sobre el eje se han de realizar los montajes de los mecanismos para esta fase de la propuesta.

5.9.4 Modulo plano. Debido a las limitantes de producción en esta primera fase, los módulos debieron ser divididos en cuatro partes. En este caso, por requerirse una pieza exacta el modulo además tuvo que ser dividido en zonas que no fueron simétricas. Los estudios se han de realizar en la zona donde la fuerza y la carga ejercida por la plataforma de las cámaras y el eje hacen su apoyo. El material usado para la construcción de estos módulos fue ABS.

Ilustración 39. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso del sistema completo superior de las cámaras



En la imagen podemos observar el comportamiento del cuarto de modulo que fue analizado. En ella encontramos como la carga aplicada logra ejercer una deformación de la pieza. Esto ocurre debido a que el eje tiene un rodamiento que descansa sobre unas caras internas. El valor de la deformación alcanzado por la pieza se acerca a 0.58 mm. De la mano de los expertos de Tecnoparque se ha diseñado una estructura interna que favorece la resistencia de la pieza a las cargas.

En el análisis CAE se observan zonas de tensión ubicadas en la base del apoyo del eje. Gracias a las estructuras de apoyo reticulares lo que se logra es una reducción de la incidencia de la tensión sobre el material. Alcanzando un valores en el rango de 42.2 N/m². El resto de la pieza se conserva estable. Para esta pieza se manejó un módulo de seguridad alrededor de 2.1. Para esta primera fase el factor de seguridad funciona bien, sin embargo en desarrollos de las etapas posteriores deberá ser reanalizado para asegurar la resistencia de la pieza.

5.9.5 Modulo básico. Este módulo, al igual que el anterior, debe ser construido por partes. Sin embargo, una de las ventajas de este módulo consistió en que la división fue simétrica. En este análisis se tomó la una de las mitades longitudinales del módulo. El ABS se usa para la construcción del mismo.

Ilustración 40. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso del sistema completo superior de los módulos completos



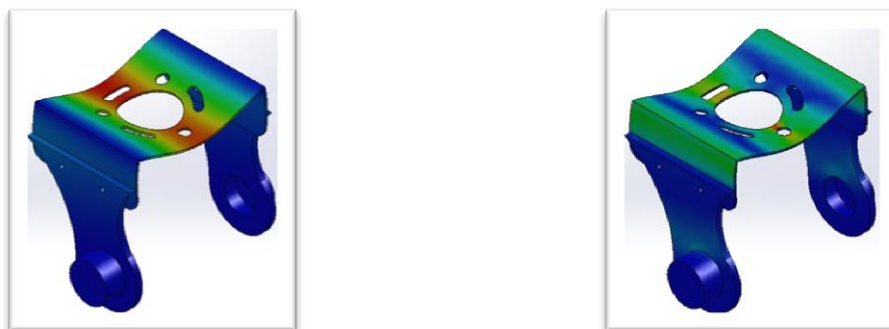
En la imagen podemos apreciar la acción de la carga sobre la estructura analizada. El programa CAE ofrece una vista a escala de la deformación. Los resultados de la deformación corresponden a 0.0066 mm aproximadamente en la zona más crítica. Esta variación es gracias al diseño interno del módulo.

En el análisis se detectaron posibles zonas en donde la tensión se concentra y podría afectar la pieza. En este caso dichas zonas se ubican en la parte interna de las caras que soportan los rieles para el ensamble del módulo superior. El rango de estas zonas se encuentran entre 55.9 N/m^2 y 280183 N/m^2 .

Finalmente el diseño de este módulo incluye un factor de seguridad alto debido a las recomendaciones del equipo de expertos que requieren un módulo que a futuro pueda ser útil para la implementación de equipos más complejos y con más peso. El factor de este módulo ronda los 7.3

5.9.6 Soporte cámara domo. El motor contaba con características más que suficientes para poder realizar el desplazamiento de la cámara domo, pero se presentaban problemas con el montaje del dispositivo, por lo que se propuso el diseño de una pieza que permitiera la implementación de manera fácil.

Ilustración 41. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso de la cámara domo



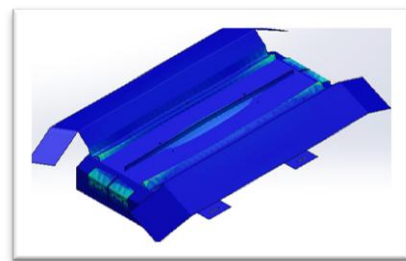
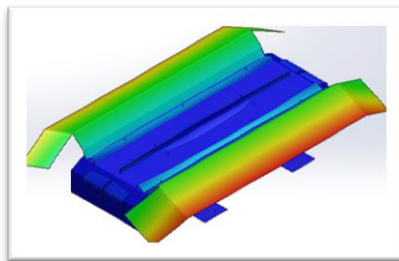
Al realizar la simulación de las cargas sobre la pieza encontramos que la reacción de la pieza propuesta es favorable. La deformación que se presenta esta alrededor de 0.09 mm . Gracias a la escala que maneja el programa se nos facilita ver el comportamiento de la pieza, la cual llegaría a este pico en el centro.

En la pieza se presentaron zonas de tensión extensas, sin embargo el material propuesto para su construcción nos da la seguridad que soporta la acción del peso de la pieza más las cargas generadas por el desplazamiento de la superficie. En caso de sobrepasar la capacidad del material con una carga, las zonas de mayor tensión se encuentran en los orificios de acople centrales.

Como ya se especificó anteriormente, las características del motor garantizan el desplazamiento seguro del dispositivo de visión. En este caso el módulo de seguridad que se manejó se ubica en un 9.2.

5.9.7 Estructura base plataforma. Para este estudio se tomaron las dos mitades que conforman la estructura base y las láminas que forman el chasis de la plataforma. En este caso se tienen dos materiales, el primero, el material laminar que se usó para la construcción de la estructura base el cual es Cold Rolled de 3.18 mm. El aluminio es el segundo material y compone el chasis.

Ilustración 42. Izquierda: imagen de la deformación de las piezas. Derecha: Imagen de las tensiones de las piezas a causa de la acción del peso total



El análisis de deformación correspondiente a la estructura base arroja una deformación minúscula debido al material usado para la fabricación de estas piezas. La deformación cercana que se obtiene al realizar el análisis es de aproximadamente 0.58 mm.

La estructura tiene puntos críticos en las uniones frontales y posteriores justo donde se realiza el ajuste con el chasis, además de la superficie destinada a la ubicación de los rieles. Estas zonas con presencia de tensiones tienen un valor aproximado de 15.707 N/m².

La mayoría parte de la estructura se comporta como un elemento estable. El valor del factor de seguridad que se usa para este conjunto de piezas es de un valor de 4. La estructura base soporta adecuadamente las cargas involucrada en cada una de las combinaciones posibles. Como parte del proyecto se hizo necesario un análisis de las piezas en los puntos finales del rango de movimiento, es decir, la pieza se analizó cuando la plataforma se encontraba a $\pm 45^\circ$.

Anexo a esos estudios se aplicó un análisis con las características mecánicas y físicas del material propuesto como alternativa de solución para la construcción final, del cual se hablará más adelante. Los estudios y los resultados son anexados al final del libro. **Ver ANEXO H para estudios completos.**

5.10 LISTA DE MATERIALES

A continuación se presenta la lista de los posibles materiales en la que se plantea una construcción a futuro y que pueden permitir un mejor desarrollo de la propuesta completa.

Tabla 22. Tabla de materiales y piezas de la propuesta actual y construcción a futuro.

PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL DE LA PROPUESTA	MATERIAL PROPUESTO	SUGERENCIAS
Carcasas propuestas	2	ABS y proceso de prototipado rápido	Poliácido láctico (PLA) y proceso de prototipado	Por parámetros de construcción la pieza fue dividida en dos

PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL DE LA PROPUESTA	MATERIAL PROPUESTO	SUGERENCIAS
				partes. Se recomienda en un futuro unificarlas.
Plataforma para las cámaras A	1	ABS y proceso de prototipado rápido	Poliácido láctico (PLA) y proceso de prototipado	—
Plataforma para las cámaras B	1	Poliuretano y proceso de maquinado y corte con Sinfin.	Poliácido láctico (PLA) y proceso de prototipado	Esta pieza se dividió en dos partes debido a los parámetros de construcción. Se recomienda, en un futuro, reunificarla.
Ensamble para los dispositivos de visión.	3	Ultrapol (Poliétileno) y proceso de maquinado con torno.	Aluminio y proceso de maquinado	Esta pieza se hizo estándar para poder usarla con las carcasas y el housing original de los dispositivos.
				Conservar las dimensiones en pro de la versatilidad.
Motores	3	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle.	Se recomienda energizar los motores adecuadamente para de esa manera aprovechar al máximo las propiedades.
Soporte motores	1	ABS y proceso de prototipado rápido	Poliácido láctico (PLA) y proceso de prototipado	—
Disco de soporte	1	Aluminio y proceso de maquinado con	Aluminio y proceso de maquinado	—

PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL DE LA PROPUESTA	MATERIAL PROPUESTO	SUGERENCIAS
		torno		
Eje de soporte	1	Aluminio y proceso de maquinado con torno	Aluminio y proceso de maquinado	El mecanismo de movimiento horizontal y de soporte está diseñado para las cargas actuales de los dispositivos implementos en esta primera fase. En desarrollos posteriores se requiere análisis nuevos.
Rodamientos y Circlips	4	Rodamientos comerciales	Rodamientos comerciales	En esta fase los rodamientos fueron analizados con ciertas cargas específicas de los dispositivos.
Engranajes helicoidales	2	ABS y proceso de prototipado rápido	Aluminio	Se recomienda usar el material adecuado para que soporte las cargas.
Módulo plano	3	ABS y proceso de prototipado rápido	Poliácido láctico (PLA) y proceso de prototipado	El modulo por parámetros de construcción debió ser dividido en cuatro partes. En un futuro se recomienda unificar las piezas para reducir la complejidad de

PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL DE LA PROPUESTA	MATERIAL PROPUESTO	SUGERENCIAS
				uniones.
Rieles de ensamble	—	Aluminio estructural	Aluminio estructural	Por parámetros de construcción se recurrió a la compra de rieles comerciales. Sin embargo la geometría es complicada. Se requiere diseñar un perfil más simple que facilite el acople.
Modulo básico	3	ABS y proceso de prototipado rápido	Poliácido láctico y prototipado rápido	Por parámetros de construcción debió dividirse la pieza en cuartos, se recomienda un proceso de fabricación más permisivo y óptimo para una pieza completa.
Motor posicionamiento	1	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle	Se recomienda potencializar el mecanismo para reducir variables de peso y volumen.
Dispositivos de visión	3	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle	La descripción de las características está en el capítulo Diseño a detalle	—
Estructura base	1	Lámina Cold roller y proceso de corte y	Lámina Cold Roller y proceso de corte y	—

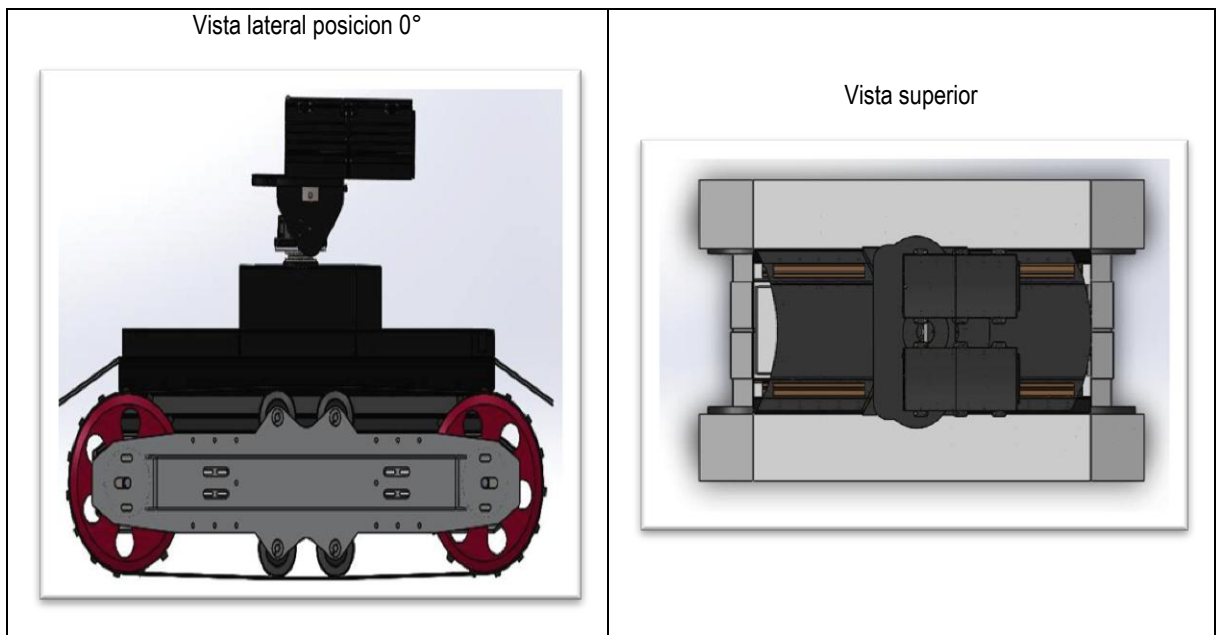
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL DE LA PROPUESTA	MATERIAL PROPUESTO	SUGERENCIAS
		doblado	doblado	
Soporte cámara domo	1	Aluminio y proceso de maquinado	Aluminio y proceso de maquinado	—

Para la elección del material de las piezas se tomó en cuenta que la construcción final no elevara el peso total de la estructura más allá de los límites permisibles trazados. Las piezas fueron planteadas para construirse en materiales poliméricos que puedan resistir las cargas ejercidas por los componentes y dispositivos planteados. Por la fragilidad del material las piezas de soporte de cargas en la propuesta fueron construidas optando por el uso del material final.

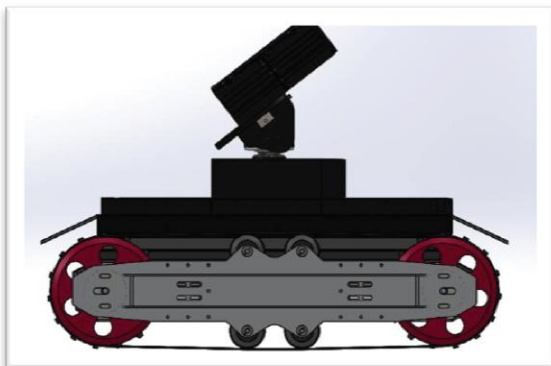
5.11 PROFUESTA FINAL Y COMBINACIONES

5.11.1 Primera combinación.

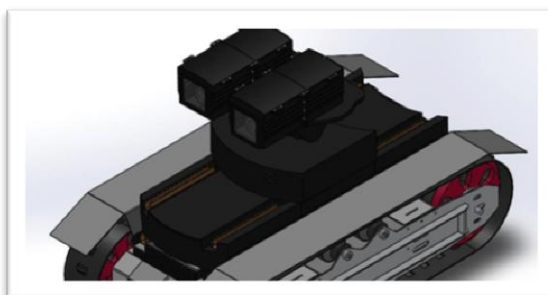
Tabla 23. Imágenes de la propuesta final presentada a Tecnoparque SENA con carcasa propuesta



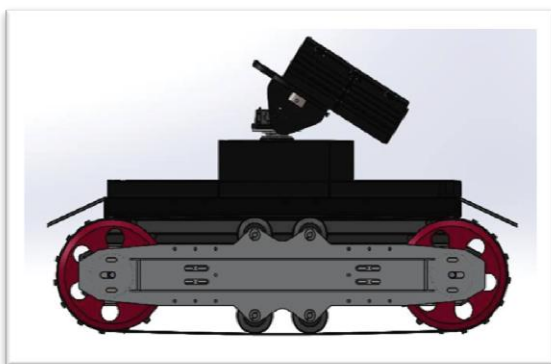
Vista lateral posición 45°



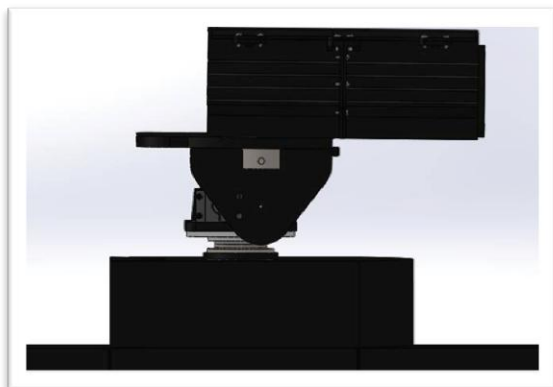
Vista 3/4



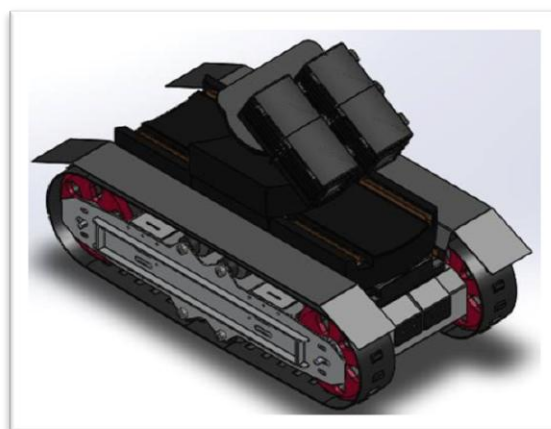
Vista lateral posición -45°



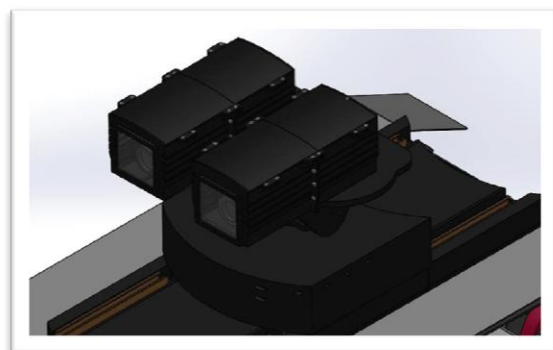
Detalle plataforma cámara



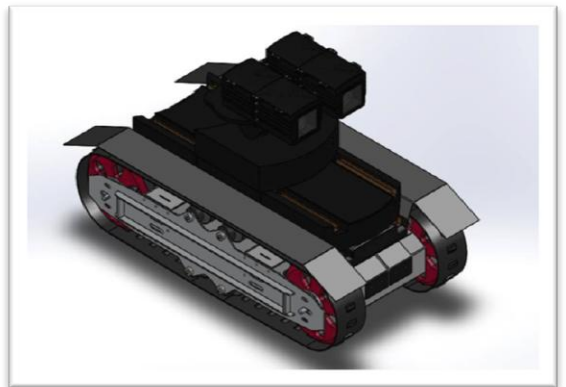
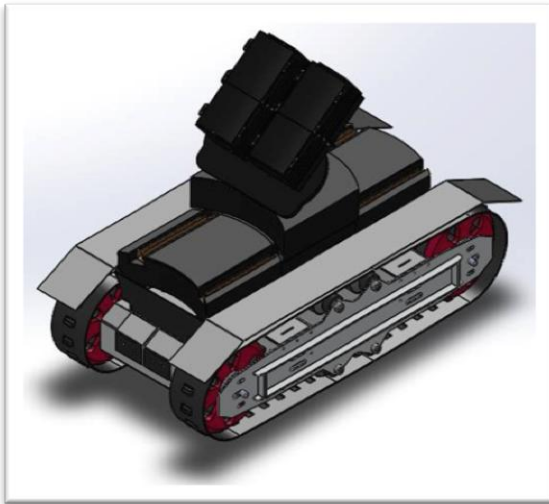
Vista ¾ lateral con inclinación



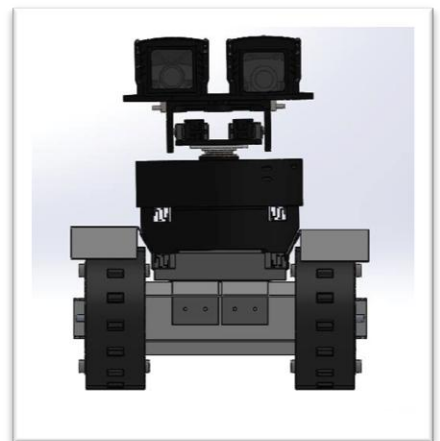
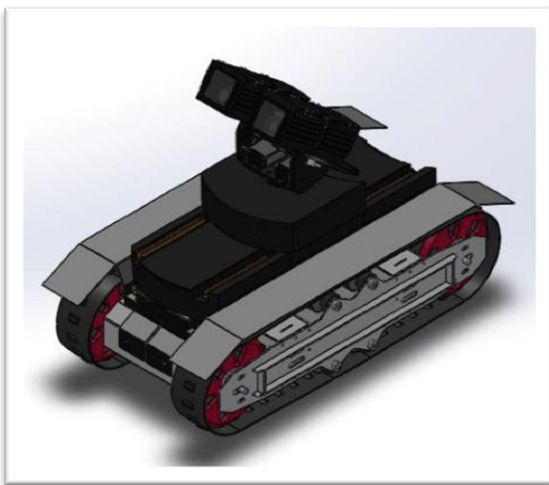
Detalle cámara



Vista posterior



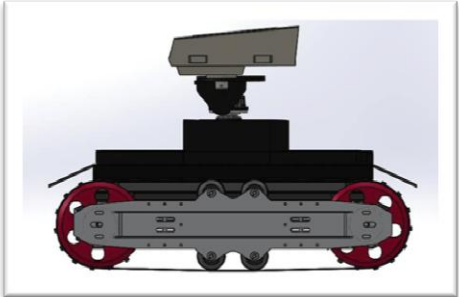
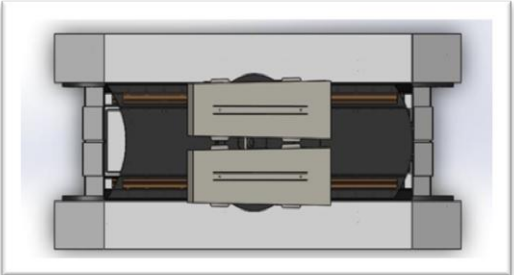
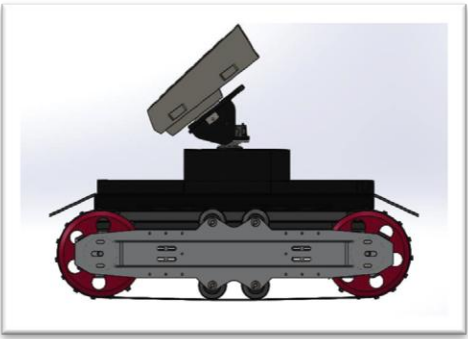
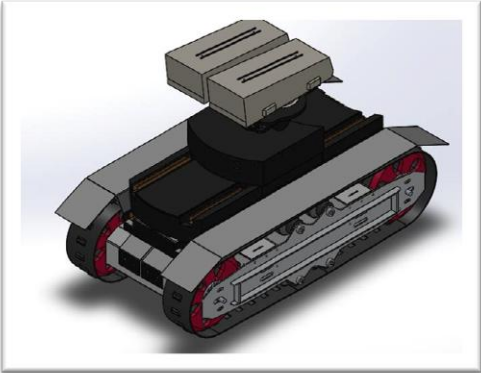
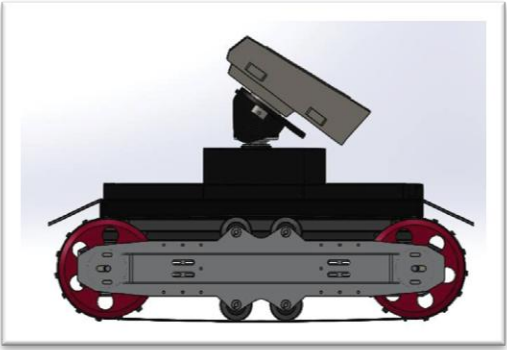
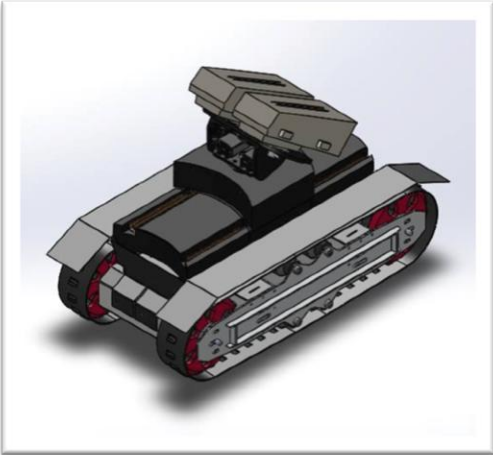
Vista ¾ lateral con inclinación



Vista frontal

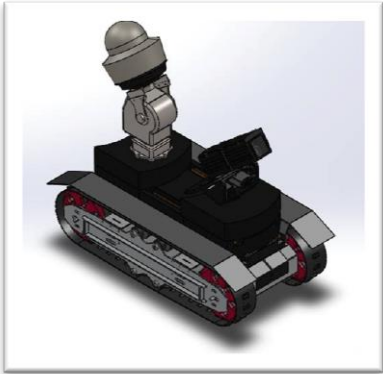
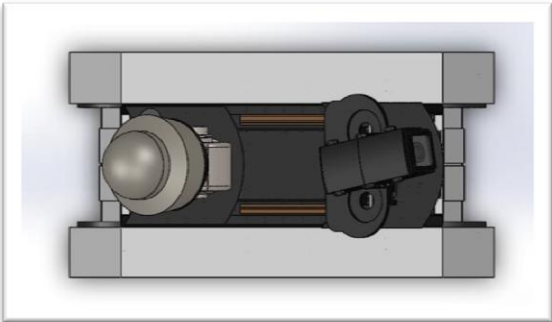
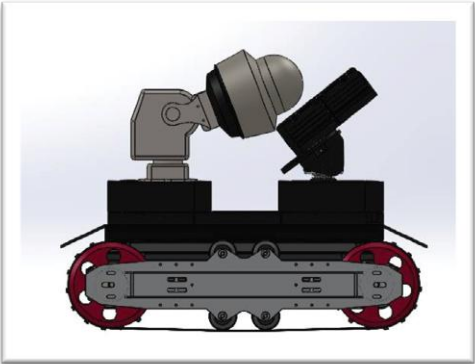
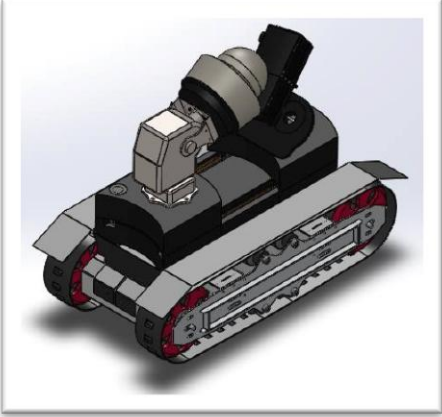
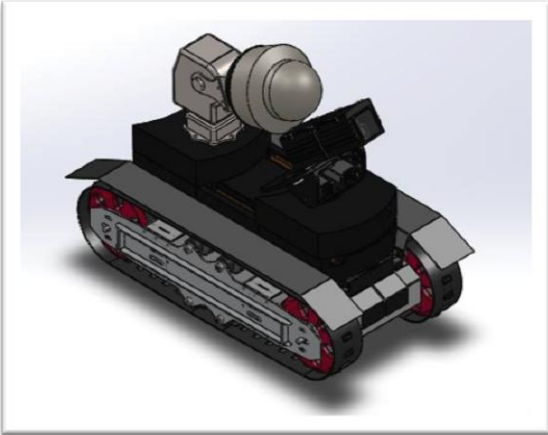
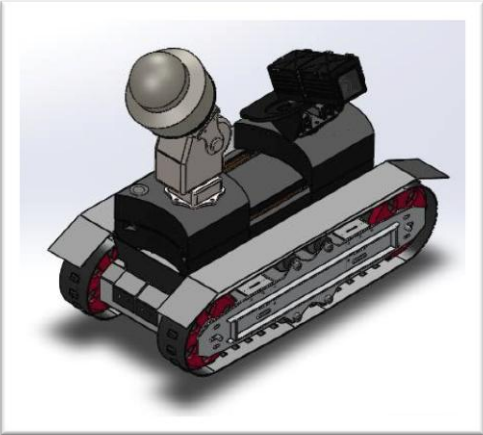
5.11.2 Segunda combinación

Tabla 24. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA para las cámaras con housing estándar.

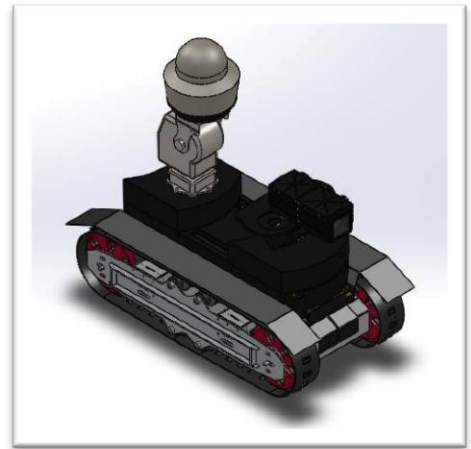
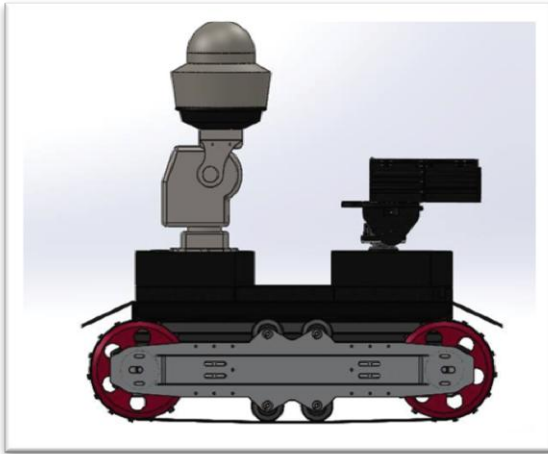
<p>Vista lateral</p> 	<p>Vista superior</p> 
<p>Vista lateral inclinación 45°</p> 	<p>Vista ¾</p> 
<p>Vista lateral inclinación -45°</p> 	<p>Vista ¾</p> 

5.11.3 Tercera combinación

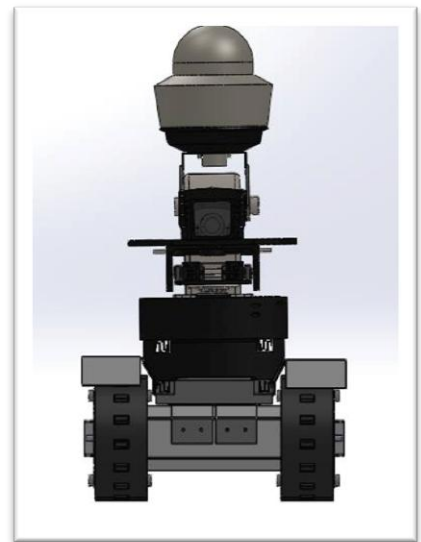
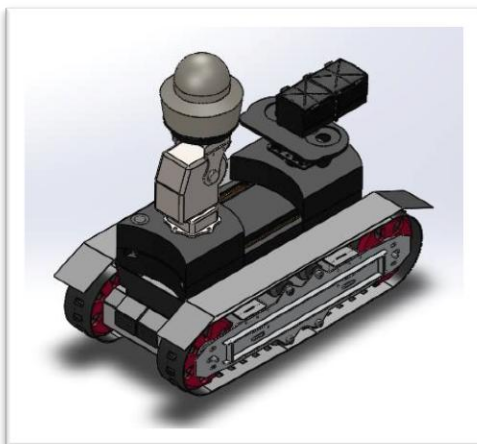
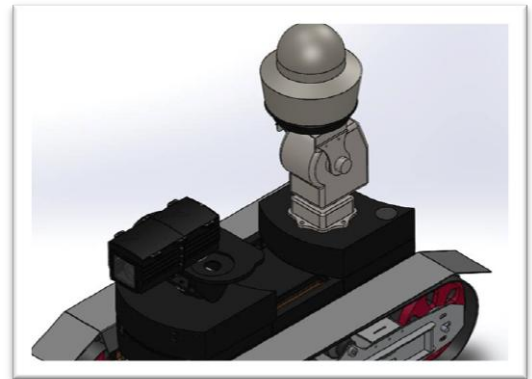
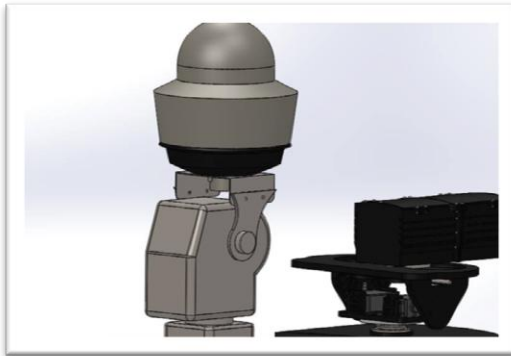
Tabla 25. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA con dispositivo de visión domo.

<p>Vista $\frac{3}{4}$</p> 	<p>Vista superior</p> 
<p>Posición de los dispositivos</p> 	
	

Posición dispositivos inicial



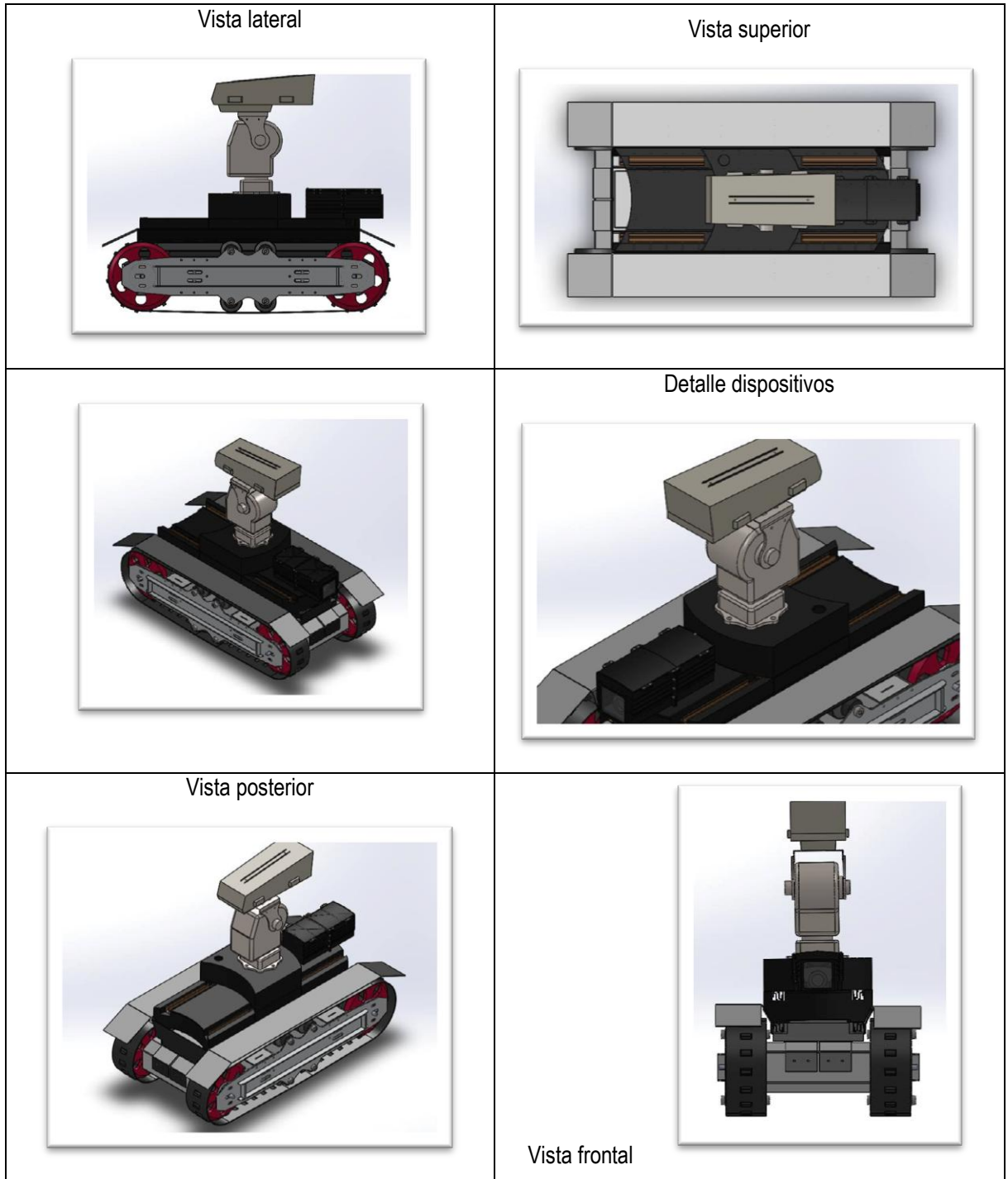
Detalle cámara domo



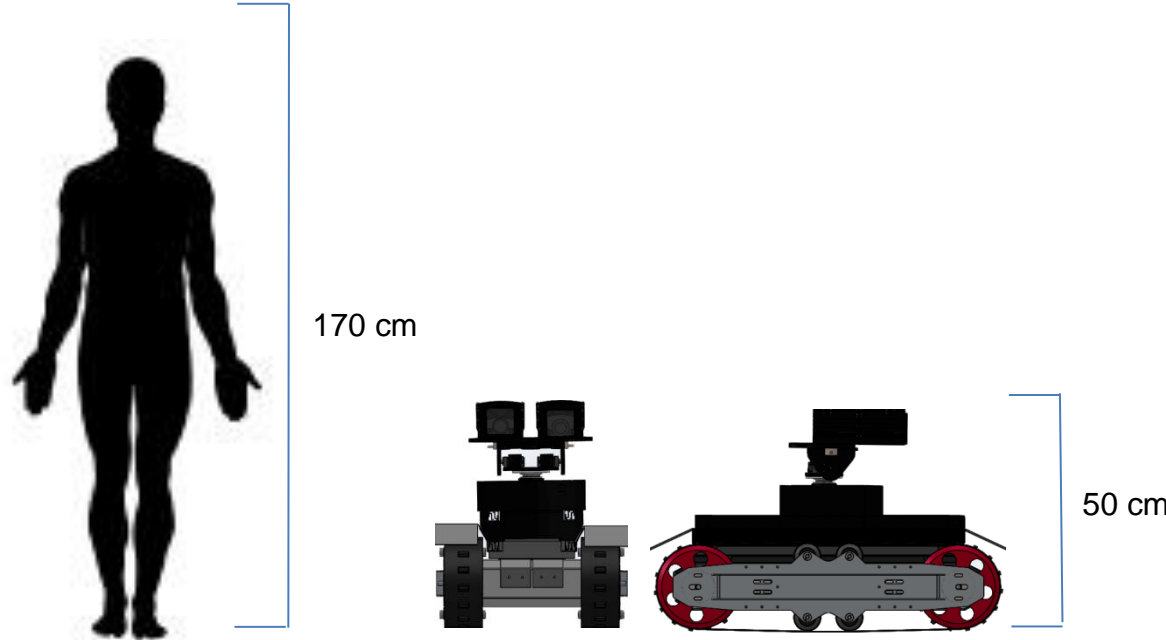
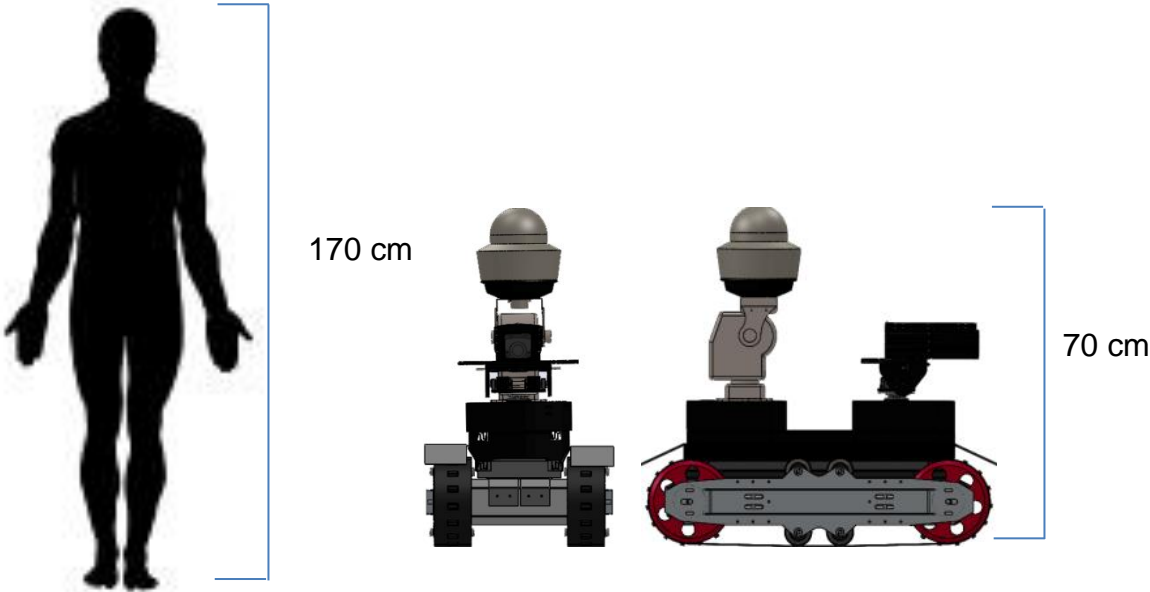
Vista frontal

5.11.4 Cuarta combinación

Tabla 26. Propuesta final presentada a Tecnoparque SENA para la implementación del motor



5.12 VISTA GENERAL DE LA ALTERNATIVA FINAL



6. CONCLUSIONES

- El proyecto de diseño y construcción de la estructura para Bredbot permitió la generación de una red de conocimiento interdisciplinario. Gracias a los expertos en las áreas de mecánica y electrónica, sumado al desarrollo del proceso de diseño se logró generar una propuesta modular abierta para el montaje y la implementación de los distintos dispositivos a usar, tanto en esta primera etapa como en las siguientes fases del macro-proyecto.
- Realizar proyectos similares aporta al desarrollo de la región generando conocimientos y puntos de referencia para posteriores grupos de trabajo. En el campo académico regional se puede resaltar la labor de instituciones interesadas en la elaboración de propuestas robóticas y la configuración de diferentes sistemas autónomos para la realización de diversas tareas. Los alcances de los proyectos desarrollados son reconocidos en competencias de alto nivel fuera del contexto nacional. Por tal razón es necesario que se generen proyectos que provoquen un impacto positivo en el progreso de cada uno de los campos que intervienen en el proceso de diseño.
- La estructura de Bredbot representa el inicio de la búsqueda de una herramienta orientada al cumplimiento de labores según las condiciones geográficas de Santander. No se cuenta con la posibilidad de controlar las consecuencias luego de un episodio de emergencia o calamidad, por lo que estos equipos se convierten en factores de gran importancia para evitar la exposición de vidas humanas por parte del grupo de rescatistas y permitir la recolección de datos y el manejo adecuado de las variables, facilitando así la toma de decisiones.

- El concepto de modularidad manejado para la configuración de la estructura permite el montaje de diversos dispositivos usando un número determinado de elementos similares, con esto se busca facilitar el aprendizaje para el montaje de los dispositivos sobre la plataforma, reduciendo los procesos de producción y por lo tanto, representando así una disminución favorable de los costos de producción de los prototipos posteriores. Los costos de producción de proyectos similares son altos, comercialmente los componentes estructurales no son de naturaleza serial, es decir, su producción no supera más que algunas unidades.
- Gracias al concepto de modularidad implementado en la estructura de Bredbot se hizo un uso adecuado del espacio disponible sobre la plataforma. Esto permite al equipo de expertos establecer un orden y una ubicación para los dispositivos según sus características técnicas o las condiciones del entorno. La estructura modular se planteó para permitir a los operarios la implementación y desensamblaje de los dispositivos de forma sencilla, recurriendo al uso de acoples básicos. A su vez, manteniendo seguros los dispositivos durante la ejecución de la labor.
- Los procesos de producción no pueden ser una limitante para el desarrollo de proyectos o iniciativas. El desarrollo de conocimiento implica en primera instancia el uso de los recursos presentes en la región, aprovechamiento y reorientación. Para el desarrollo de esta propuesta se evaluaron distintas alternativas posibles antes de finalmente tomar la decisión de construir. Sin embargo es necesario aceptar que algunos planteamientos quedaron pendientes al no poseer una respuesta satisfactoria de construcción o no contar con la tecnología necesaria para su desarrollo. Por tal razón fue necesario recurrir a alternativas de solución paralelas a las planteadas inicialmente.

- El diseño de las carcasas tuvo un impacto positivo sobre el resultado del montaje final de la estructura. La reducción del peso permite un mejor uso de la energía que alimenta la plataforma, pues representa un aumento en la duración de las baterías y por lo tanto, mayor autonomía del robot. La intervención sobre el housing de las cámaras representa uno de los puntos fuertes dentro del desarrollo de este proyecto específicamente. Sin embargo la protección original de las cámaras no fue eliminada por completo, en cambio, se propuso un sistema de acople para permitir el montaje de dichos elementos en caso de ser necesaria las características de protección.
- Durante la ejecución del proyecto, se buscó garantizar que las características de los dispositivos se conservaran. Por lo tanto se estudió la manera de permitir las distintas combinaciones planteadas anteriormente además de garantizar la debida ubicación y protección de los mismos. En el proceso de diseño se logró aumentar el rango de uso del motor de posicionamiento, pasando de un uso ocasional a uno que involucra dos montajes distintos de cámaras.
- Aun cuando el diseño modular ofrece facilidades para la interacción usuario – sistema, la propuesta final recurre al uso de elementos gráficos con el fin de reforzar el lenguaje de uso y reducir el número de posibles errores al realizar por el montaje las primeras veces. Las gráficas usadas sobre la plataforma hacen parte de un lenguaje de uso y, además, al ser cintas reflectivas permiten que el operario pueda distinguir la ubicación de la plataforma y sus componentes en situaciones de poca luz o distancia.
- Los sistemas electrónicos y de alimentación del sistema funcionan de acuerdo a lo planteado en el diseño a detalle. Los movimientos de las cámaras se efectúan de la manera correcta gracias a la implementación de un sistema de apoyo compuesto por resortes. Este punto de apoyo favorece la ejecución de los movimientos por parte de la plataforma y ayuda a evitar el sobreesfuerzo del

motor. La transmisión de las imágenes se realiza de forma adecuadamente desde el modem ubicado en el interior de la plataforma hasta el computador donde se encuentra la IP de recepción de imágenes. A futuro se plantea un uso más acorde de los espacios disponibles dentro de la estructura para la ubicación de los componentes electrónicos y de alimentación. Así mismo como la ubicación de los interruptores y puertos de conexión. Siguiendo la propuesta de diseño se garantiza la funcionalidad de los módulos en etapas posteriores al desarrollo de la propuesta de la estructura de Bredbot.

- El proceso descrito en este libro es la primera etapa de un macro proyecto, al diseñar estructuras abiertas se dejó la posibilidad de continuar con el desarrollo de mismo partiendo de los componentes a los que se llegó en este proceso, y así llegue a cumplir todas las tareas que se propusieron (salvamento y rescate).

BIBLIOGRAFIA

ARACIL, R., BALAGUER, C., & ARMADA, M. (Abril de 2008). Robots de Servicio. Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial, 5, 1 - 8

ARANGO, A., SATIZÁBAL, H., & CORREA, H. (2011). Diseño e implementación de un robot móvil hexápodo (Vol. Vol 12). Cali, Colombia: Universidad de Cali

Axis communications. (s.f.). Axis communications . Recuperado el noviembre de 2013, de <http://www.axis.com/es/products/video/selector/index.php>

BACA, J., FERRE, M., & ARACIL, R. (7 de Diciembre de 2011). A heterogeneous modular robotic design for fast response to a diversity of tasks. Robotics and Autonomous Systems, 16, págs. 321 - 331

BAREA, R. (2007). Robótica de servicios. En R. Barea, Robótica de servicios (págs. 1 - 19). Alcalá de Henares, España: Universidad de Alcalá

Grupo de innovación tecnológica para la formación profesional integral. (2012). Diseño y construcción de un robot prototipo para inspección, exploración y salvamento en catastrofes y/o emergencias. En D. d. integral, Diseño y construcción de un robot prototipo para inspección, exploración y salvamento en catastrofes y/o emergencias (págs. 1-12). Bucaramanga: SENA

GUEVARA MELO, E. S. (2004). Fundamentos de configuración en diseño industrial. En E. S. Guevara Melo, Fundamentos de configuración en diseño industrial (Segunda edición ed., pág. 165, 167). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander

HOPKINS, J., & GUPTA, S. (2012). Characterization of Forward Rectilinear-Gait Performance. The ACM Digital Library, 136 – 144.

KUROKAWA, H., TOMITA, K., KAMIMURA, A., KOKAKI, S., HASUO, T., & MURATA, S. (2007). Self-Reconfigurable Modular Robot M-TRAN:. ACM Digital Library (artículo 21).

PAMECHA, A., EBERT-UPHOFF, I., & CHIRIKJIAN, G. (Agosto de 1997). Useful Metrics for Modular Robot Motion Planning. IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 13(4), 531 – 545.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Servicio Geológico Colombiano. (2013). Boletín de Sismos: Julio – Diciembre de 2012. Red Sismológica Nacional de Colombia. Bogotá: República de Colombia Servicio Geológico Colombiano.

RODADO NORIEGA, C. (6 de Octubre de 2010). <http://www.minminas.gov.co>. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de <http://www.minminas.gov.co>: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/6556.pdf>.

RUIZ DEL SOLAR, J., & SALAZAR, R. (2006). Introducción a la robótica. En J. Ruiz del solar, & R. Salazar, Introducción a la robótica (págs. 2 - 20). Santiago, Chile: Universidad de Chile.

SCLATER, N., & CHIRONIS, N. (2007). Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook. En N. Sclater, & N. Chironis, Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook (Cuarta Edición ed., págs. 49 - 65). New York, U.S.A: McGraw Hill.

STOY, K., SHEN, W.-M., & WILL, P. (2002). How to Make a Self-Reconfigurable Robot Run. Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 2 (págs. 813 - 820). New York: ACM Digital Library.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. (s.f.). www.15enlinea.com. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de www.15enlinea.com: <http://www.15enlinea.com/ciudad1/163-la-norma-de-sismo-resistencia-apenas-en-implementacion>.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SEDE BUCARAMANGA. (Mayo - Julio de 2010). Santander se sacude. Pfm.Plataforma(27), 4 – 7.

YU, C.-H., HALLER, K., INGBER, D., & NAGPAL, R. (2008). Morpho: A Self-deformable Modular Robot Inspired by Cellular. En C.-H. Yu, K. Haller, D. Ingber, & R. Nagpal, Morpho: A Self-deformable Modular Robot Inspired by Cellular (págs. 3571 - 3578). Cambridge, MA: Harvard University.

ZHANG, S., & GUO, Y. (13 de Abril de 2009). Bio-inspired locomotion for a modular snake robot. Bio-Inspired/Biomimetic Sensor Technologies and Applications. Conference Volume 7321, págs. 1 - 10. Orlando: SPIE Digital Library.

ANEXOS

ANEXO A. Entrevista a experto – Desarrollo de la entrevista

Nombre: _____ Cargo: _____ Lugar: _____ Fecha: _____	 Interfaz
¿Cuál es el objetivo del proyecto?	
¿Cuál es la justificación del proyecto?	
¿Para qué tareas exactamente se utilizara la plataforma robótica?	
¿Cuáles son los posibles terrenos en los que se va a utilizar la plataforma robótica?	
¿Con cuántos módulos de visión cuenta el proyecto?	
¿Con cuántas entradas cuenta cada módulo de visión?	
¿Cuáles son las combinaciones de módulos de visión que podrían utilizarse?	
¿Cuál sería para usted el aspecto más relevante en el desarrollo de la estructura?	
¿En qué casos cree usted que es estrictamente necesario el uso del housing en los dispositivos?	

ANEXO B. Características técnicas cámara térmica

CÁMARA DE RED TÉRMICA AXIS Q1910		
Característica	Descripción	
Sensor de imagen	Micro bolómetro no refrigerado 160 x 120, tamaño de píxel: 25 µm, rango espectral: 8-14 µm	
Objetivo	f 13 mm, F1.25; ángulo de visión, horizontal: 17°	
Rango de detección	Humano 1.8 x 0.5 m	Vehículo Vehículo: 1.4 x 4.0 m
	Detección (1.5 píxeles en objetivo)	260 m
	Reconocimiento (6 píxeles en objetivo)	200m
	Identificación (12 píxeles en objetivo)	100 m
*el rango de detención varía diferentes condiciones meteorológicas.		
Sensibilidad	NETD< 100 mK	
Compresión de video	H.264 (MPEG-4 Parte 10/AVC) Motion JPEG	
Resolución	El sensor es de 160x128. La imagen puede ampliarse hasta 720x576 (D1) y a resoluciones VGA estándar.	
Frecuencia de imagen	8,33 ips	
Transmisión de video	Al menos 5 secuencias en H.264 y Motion JPEG. Secuencia de video simultáneas y configuradas individualmente en resolución máxima a 8,33 ips. Velocidad de imagen y ancho de banda controlables. VBR/CBR H.264	
Ajuste de imagen	Compresión, brillo, control de exposición, rotación, duplicación de imágenes, superposición de textos e imágenes, máscara de privacidad, múltiples paletas	
Transmisión de audio	Bidireccional. Semiduplex	
Compresión de audio	AAC LC 8/16 kHz, G.711 PCM 8 kHz, G.726 ADPCM 8 kHz Velocidad de bits configurable	

CÁMARA DE RED TÉRMICA AXIS Q1910	
Característica	Descripción
Entrada/Salida de audio	AXIS Q1910: micrófono integrado, micrófono externo o entrada/salida de línea. AXIX Q1910-E: Entrada de línea o de micrófono externos, salida de línea.
Seguridad de red	Protección por contraseña. Filtro de direcciones IP. Cifrado HTTPS Control de acceso a la red IEEE 802.1X. Autenticación Digest. Registro de usuarios
Protocolos compatibles	IPv4/v6, HTTP, HTTPS, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMPv1/v2c/v3(MIB-II) DNS. DynDNS. NTP. RTSP. RTP. TCP. UDP IGMP. RTCP. ICMP. DHCP. ARP. SOCKS. Amplia gama de cabezales PT admitidos (controladores disponibles en www.axis.com)
Interfaz de programación de aplicaciones	API abierta para integración de software, incluida la especificación de ONVIF disponible en www.onvif.org , así como VAPIX® y Plataforma de aplicaciones de cámaras AXIS de Axis Communications. Especificaciones disponibles en www.axis.com
Vídeo inteligente	Detección de movimiento por vídeo, alarma anti-manipulación activa y detección de audio. El soporte para la plataforma de aplicaciones de cámaras AXIS permite la instalación de aplicaciones adicionales.
Activadores de alarma	Vídeo inteligente y entrada externa
Eventos de alarma	Carga de archivos a través de FTP, HTTP y correo electrónico. Notificación a través de correo electrónico. HTTP y TCP. Activación de salida externa
Carcasa	AXIS Q1910: Chasis de zinc AXIS Q1910-E: Carcasa de aluminio de clase IP66 y ventana de germanio
Procesador y memoria	128 MB de RAM. 128 MB de memoria flash.
Alimentación eléctrica	Alimentación a través de Ethernet IEEE 802.3af Clase 3 8 – 20 VCC/20 – 24 V CA 50 – 60 Hz AXIS Q1910: 10 W Máx. 15 VA máx. AXIS Q1910-E: 13 W máx. 18 VA máx. Fuente de alimentación no incluida.
Almacenamiento local	Ranura de tarjeta de memoria SD/SDHC
Peso	AXIS Q1910: 990 g AXIS Q1910-E: 3520 g

CÁMARA DE RED TÉRMICA AXIS Q1910	
Característica	Descripción
Conectores	<p>RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX PoE, bloque de terminales para energía, bloque de terminales para dos entradas/salidas configurables</p> <p>Entrada de línea/micrófono 3,5 mm, salida de línea 3,5 mm RS-422/RS-485</p> <p>Bloque de terminales para calefactor de AXIS Q1910/-E</p>
Condiciones de funcionamiento	<p>Resistencia al choque: impulso de choque de 70 g con un perfil semisinusoidal de 11 ms. Resistencia a la vibración: Vibración aleatoria de 4,3 g durante 8 horas.</p> <p>AXIS Q1910: de -40 a 50° C, humedad relativa de 20 a 80%(sin condensación)</p> <p>AXIS Q1910-E: de -40 a 50° C, IP66</p>
Homologaciones	<p>C-tick AS/NZS CISPR 22, ICES-003, Clase B, IP66</p> <p>EN 55022 Clase B, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 55024</p> <p>EN 50121-4, EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 60950-1</p> <p>FCC Parte 15, Subparte B, Clase B, VCCI, Clase B ITE.</p>

ANEXO C. Características técnicas cámara domo

CÁMARA DOMO AXIS Q6034 PTZ	
Característica	Descripción
Sensor de imagen	CCD con barrido progresivo de 1/3" y 1,3 megapíxeles
Objetivo	f 4,7 – 84,6 mm, F1,6 – 2,8, enfoque automático, funcionamiento diurno/nocturno automático, ángulo de visión horizontal: 55.2° – 3.2°
Iluminación mínima	Color: 0,74 lux a 30 IRE, F1.6, B/N: 0,04 lux a 30 IRE, F1.6
Velocidad de obturación	1/10.000 s a 1 / 4 s
Movimiento horizontal, vertical y zoom	E-flip, 100 posiciones predefinidas Horizontal: 360° ilimitado, 0,05 – 450°/s, Vertical: 180°, 0,05 – 450°/s Zoom óptico de 18x y digital de 12x (total de 216x)
Funciones de movimiento horizontal/vertical y zoom	Memorización de ronda de vigilancia, cola de control Indicador de la dirección en pantalla
Compresión de vídeo	Motion JPEG H.264 (MPEG-4 Parte 10/AVC)
Resoluciones	HDTV 720p 1280x720 a 320x180
Frecuencia de imagen	H.264: hasta 30/25 (60/50 Hz) imágenes por segundo en todas las resoluciones Motion JPEG: hasta 30/25 (60/50 Hz) imágenes por segundo en todas las resoluciones
Transmisión de vídeo	Múltiples secuencias configurables individualmente en H.264 y Motion JPEG Velocidad de imagen y ancho de banda controlables VBR/CBR H.264
Ajustes de imagen	Amplio rango dinámico (WDR), velocidad de obturación manual, compresión, color, brillo, nitidez, balance de blancos, control y zonas de exposición, compensación de contraluz, configuración más precisa del comportamiento con poca luz, rotación, superposición de texto e imágenes, 32 máscaras de privacidad 3D individuales, congelación de imagen en PTZ
Transmisión de audio	Bidireccional
Compresión de audio	AAC-LC 8/16 kHz, G.711 PCM 8 kHz, G.726 ADPCM 8 kHz Velocidad de bits configurable
Entrada/salida de audio	Requiere cable multi-conector (no incluido) para entrada de línea o de micrófono externo y salida de línea
Seguridad de red	Protección por contraseña, filtrado de direcciones IP, cifrado HTTPS*, control de acceso a la red IEEE 802.1X*, autenticación Digest, registro de acceso de usuarios

CÁMARA DOMO AXIS Q6034 PTZ	
Característica	Descripción
Protocolos compatibles	IPv4/v6, HTTP, HTTPS*, SSL/TLS*, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, CIFS/SMB, SMTP, Bonjour, UPnP™, SNMPv1/v2c/v3(MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS
Interfaz de programación de aplicaciones	API abierta para integración de software, con VAPIX® y con la Plataforma de aplicaciones de cámara AXIS de Axis Communications; las especificaciones están disponibles en www.axis.com/ONVIF ; las especificaciones están disponibles en www.onvif.org AXIS Video Hosting System (AVHS) con conexión de cámara con un solo clic
Vídeo inteligente	Detección de movimiento por vídeo, detección de audio, auto-seguimiento, Gatekeeper activo, AXIS Camera Application Platform para instalación de aplicaciones adicionales.
Activadores de eventos	Detección de movimiento por vídeo, detección de audio, auto-seguimiento, entrada externa, PTZ preestablecido, temperatura, tarjeta de memoria llena
Flujo de datos	Información de eventos
Ayuda a la instalación	Contador de píxeles
Memoria	256 MB de RAM, 128 MB de Flash
Acciones de eventos	Carga de ficheros: FTP, HTTP, recurso compartido de red e e-mail Notificación: e-mail, HTTP y TCP Activación de salida externa, PTZ predeterminado, ronda programada, reproducción clip de audio, grabación de vídeo y audio a edge storage, auto-seguimiento, modo día/noche Buffer pre y post alarma.
Carcasa	Clasificación IP52, carcasa metálica (aluminio), domo clara acrílica (PMMA)
Alimentación eléctrica	Power over Ethernet Plus (PoE+) IEEE 802.3at, máx. 30 W Midspan High PoE AXIS T8123 incluido: 100-240 V AC máx. 37 W 20-24 V AC, máx. 27 VA; 24-34 V DC, máx. 19 W
Conectores	RJ-45 para 10BASE-T/100BASE-TX PoE Cable multi-conector (no incluido) para alimentación CA/CC, 4 entradas/salidas de alarma configurables, entrada de micrófono, entrada de línea mono, salida de línea mono para altavoz activo
Edge Storage	Ranura para tarjetas de memoria SD/SDHC/SDXC de hasta 64 GB (tarjeta no incluida); soporte para realizar grabaciones en recursos compartidos (NAS o servidor de archivos)
Condiciones de funcionamiento	0 °C a 50 °C Humedad relativa: 15 a 85% (sin condensación)
CÁMARA DOMO AXIS Q6034 PTZ	
Característica	Descripción
Homologaciones	EN 55022 Clase B, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-6-1,

	<p>EN 61000-6-2, EN 55024, FCC Parte 15 Subparte B Clase B, ICES-003 Clase B, VCCI Clase B, C-tick AS/NZS CISPR 22, KCC Clase B IEC 60721-4-3 Clase 3K3, 3M3, EN/IEC 60068-2 Midspan: EN 60950-1, GS, UL, cUL, CE, VCCI, CB, KCC, CSA, UL-AR</p>
Peso	<p>Cámara: 2,6 kg Cámara con montaje en falso techo: 3,2 kg</p>

ANEXO D. Características técnicas cámara red

CÁMARA AXIS Q16	
Característica	Descripción
Sensor de imagen	<p>AXIS Q1602/-E: CMOS RGB de barrido progresivo de 1/3"</p> <p>AXIS Q1604/-E: CMOS RGB de barrido progresivo de 1/3"</p>
Objetivo	<p>Iris tipo P (AXIS Q1604/-E), iris tipo DC (AXIS Q1602/-E), corrección de infrarrojos, montura CS</p> <p>AXIS Q1602/Q1604: Varifocal 2,8 - 8 mm: visión de 100° - 34°, F1.2</p> <p>AXIS Q1602-E/Q1604-E: Varifocal 2,8 - 8 mm: visión de 80° - 34°, F1.2</p>
Día y Noche	Filtro de infrarrojos extraíble automáticamente
Iluminación mínima	<p>AXIS Q1602/-E: Color: 0,05 lux, F1.2, B/N: 0,008 lux, F1.2</p> <p>AXIS Q1604/-E: Color: 0,1 lux, F1.2, B/N: 0,02 lux, F1.2</p> <p>Color: 0,4 lux, F1.2, B/N: 0,06 lux, F1.2 con captura dinámica</p>
Velocidad de obturación	<p>AXIS Q1602/-E: 1/59000 s a 2 s</p> <p>AXIS Q1604/-E: De 1/192 s a 1/37 s con captura dinámica y línea de alimentación a 50 Hz de frecuencia, de 1/231 s a 1/44 s con captura dinámica y línea de alimentación a 60 Hz de frecuencia, de 1/24500 s a 2 s con línea de alimentación a 50 Hz de frecuencia, de 1/29500 s a 2s con línea de alimentación a 60 Hz de frecuencia.</p>
Compresión de vídeo	<p>H.264 Perfil principal y perfil base (MPEG-4 Parte 10/AVC)</p> <p>Motion JPEG</p>
Resoluciones	<p>AXIS Q1602/-E: De 768 x 576 a 160 x 90</p> <p>AXIS Q1604/-E: De 1280 x 960*(1 MP) a 160 x 90</p> <p>*1400 x 1050 (1,4 MP), resolución ampliable a través de VAPIX®</p>
Velocidad de imagen en H.264	<p>AXIS Q1602/-E: 30 imágenes por segundo en todas las resoluciones</p> <p>AXIS Q1604/-E: 30 imágenes por segundo en modo de captura de 60 Hz, 25 imágenes por segundo en modo de captura de 50 Hz</p>
Transmisión de vídeo	<p>Múltiples transmisiones configurables individualmente en H.264/</p> <p>Motion JPEG</p> <p>Velocidad de imágenes y ancho de banda controlables VBR/CBR H.264</p>
Ajustes de imagen	<p>Compresión, color, brillo, nitidez, contraste, equilibrio de blancos.</p> <p>Control y zonas de exposición, compensación de contraluz, configuración más precisa del comportamiento con poca luz, amplio rango dinámico: contraste dinámico</p> <p>AXIS Q1604/-E: WDR: hasta 120 dB (0,4 – 400.000 lux) en función de la situación</p> <p>AXIS Q1602/Q1604: Rotación: 0°, 90°, 180°, 270° y Corridor Format</p>

	Superposición de texto e imágenes, máscara de privacidad y duplicación de imágenes
CÁMARA AXIS Q16	
Característica	Descripción
Transmisión de audio	Bidireccional
Compresión de audio	AAC LC 8/16 kHz G.711 PCM 8 kHz G.726 ADPCM 8 kHz Velocidad de bits configurable
Entrada/salida de audio	Entrada de micrófono o de línea externa, salida de nivel de línea AXIS Q1602/Q1604: Micrófono integrado (se puede desactivar)
Seguridad de red	Protección por contraseña, filtro de direcciones IP, cifrado HTTPS**, control de acceso a la red IEEE 802.1X**, autenticación Digest, registro de acceso de usuarios
Protocolos compatibles	IPv4/v6, HTTP, HTTPS**, SSL/TLS**, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, CIFS/SMB, SMTP, Bonjour, UPnP™, SNMPv1/v2c/v3(MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP,SOCKS
Velocidad de imágenes en Motion JPEG	AXIS Q1602/-E: 30 imágenes por segundo en todas las resoluciones AXIS Q1604/-E: 30 imágenes por segundo en modo de captura de 60 Hz, 25 imágenes por segundo en modo de captura de 50 Hz
Interfaz de programación de aplicaciones	API abierta para integración de software, incluida la especificación de ONVIF disponible en www.onvif.org , así como VAPIX® y AXIS Camera Application Platform de Axis Communications, especificaciones disponibles en www.axis.com . Admite AXIS Video Hosting System (AVHS) con conexión de cámara con un solo clic
Vídeo inteligente	Detección de movimiento por vídeo, alarma antimanipulación activa y detección de audio Soporte para la AXIS Camera Application Platform que permite la instalación de aplicaciones adicionales.
Disparadores de eventos	Vídeo inteligente, entrada externa, eventos de almacenamiento interno
Acciones de eventos	Carga de archivos: FTP, HTTP, recurso compartido de red y correo electrónico. Notificaciones: correo electrónico, HTTP y TCP. Activación de salida externa Grabación de vídeo y audio a almacenamiento interno Buffering de vídeo pre-y post-alarma Reproducción de clips de audio
Flujo de datos	Datos del evento
Ayuda a la instalación incorporadas	Asistente de enfoque, enfoque posterior remoto, contador de píxeles
Memoria	256 MB de RAM, 128 MB de memoria flash
CÁMARA AXIS Q16	
Característica	Descripción
Carcasa	Cámara: metal (zinc)

	<p>AXIS Q1602-E/Q1604-E: Clasificación IP66 y NEMA 4X, carcasa de aluminio con grado de protección a prueba de impactos IK10 con Membrana de des-humidificación integrada.</p> <p>Color: NCS S 1002-B blanco</p>
Alimentación eléctrica	<p>AXIS Q1602/Q1604: 8-20 V CC o alimentación a través de Ethernet (PoE) IEEE 802.3af</p> <p>AXIS Q1602: máx. 6,5 W, PoE Clase 3</p> <p>AXIS Q1604: máx. 6,9 W, PoE Clase 3</p> <p>AXIS Q1602-E/Q1604-E: PoE IEEE 802.3af máx. 12,95 W o alimentación de alta potencia (High PoE) máx 25,5 W</p>
Conectores	<p>RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX PoE</p> <p>Bloque de terminales para 1 entrada de alarma y 1 salida</p> <p>Entrada de línea/micrófono 3,5 mm, salida de línea 3,5 mm</p>
Almacenamiento en tarjeta	<p>Ranura para tarjetas de memoria SD/SDHC/SDXC de hasta 64 GB (tarjeta no incluida)</p> <p>Soporte de grabación en recursos compartidos de red (NAS o servidor de ficheros)</p>
Condiciones de funcionamiento	<p>AXIS Q1602/Q1604: De 0° C a 50° C; humedad relativa: del 10 al 85% (sin condensación)</p> <p>AXIS Q1602-E/Q1604-E: De -30 °C a 50 °C con PoE; mínimo de hasta 40 °C con High PoE</p> <p>El control de temperatura Arctic permite a la cámara su puesta en marcha a temperaturas tan bajas como -40 ° C (-40 ° F) con High PoE</p> <p>humedad relativa: del 10 al 100% (condensación)</p>
Homologaciones	<p>EN 55022 Clase B, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 55024, FCC Sección 15 Subapartado B Clase B, ICES-003 Clase B, VCCI Clase B, C-tick AS/ NZS CISPR 22, KC, EN 60950-1, IEC 60950-1</p>
Peso	<p>AXIS Q1602/Q1604: 0,6 kg</p> <p>AXIS Q1602-E/Q1604-E: 3,1 kg</p>

ANEXO E. Características técnicas iluminador

ILUMINADOR AXIS T90A40 IR-LED 120-180 DEG	
Característica	Descripción
Descripción	
Alimentación	Entrada: 100-240 V CA (detección automática) Consumo: 80 W Longitud de cable 2,5m (8 pies) Potencia de salida ajustable para el control de LED y de telemetría
Tipo	850 nm semi-cubierto
Entorno	Nivel de protección IP66
Ángulo	AXIS T90A40: de 120° a 180°
Distancia	AXIS T90A40: de 64 a 42 m
Condiciones de funcionamiento	de -50 °C a +50 °C
Dimensiones	280 x 195 x 66 mm

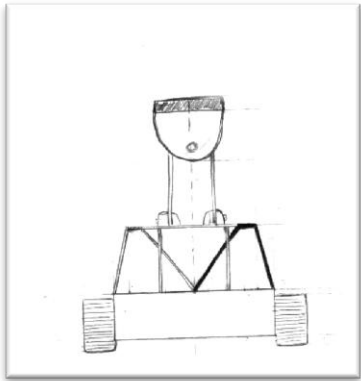
ANEXO F. Características técnicas motor de posicionamiento

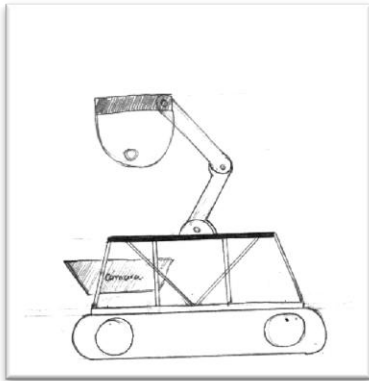
MOTOR DE POSICIONAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL YP3040	
Característica	Descripción
Movimiento horizontal y vertical	Rango de movimiento horizontal: entre 0° y 355° Rango de movimiento vertical: entre 10° y -80° Velocidad en horizontal: 7,5°/s Velocidad en vertical: 6°/s Diseñado para el control del operador
Protocolo	Pelco - D
Tensión de entrada	24 V de CA, 50/60 Hz Adaptador de red AXIS PS24 recomendado
Consumo de energía	30W
Fabricación / materiales	Aleación de aluminio
Temperatura de Funcionamiento	Entre -20 °C y 65 °C
Clase de protección	Clasificación IP66 (para uso en interiores y exteriores)
Carga	Par de torsión: 1,5 N/m Carga sobre la parte superior, 8 kg máximo
Montaje	Para montaje en pared
Peso	4,2 Kg
Dimensiones	22 x 165 x 188,5 mm
Cámaras compatibles	Cámaras de red AXIS Q1755/-E y cámaras térmicas AXIS Q1910/-E y Q1921/-E

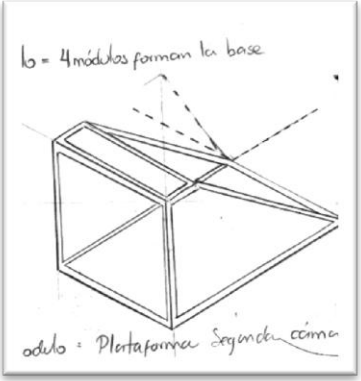
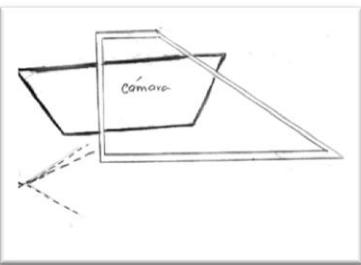
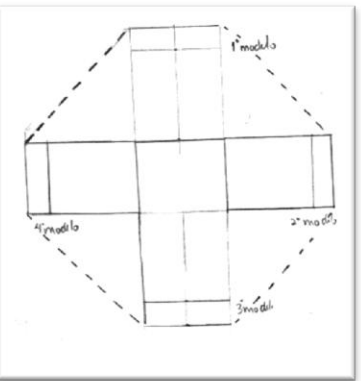
ANEXO G. Alternativas presentadas

Alternativa uno.

Presentación de la alternativa uno. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
 A technical drawing showing a dome-shaped camera mounted on a platform. The camera is positioned at the top of a vertical support structure. The platform is a rectangular base with two cylindrical components on the sides. The drawing is a front view, showing the symmetrical design of the structure.	<p>La propuesta se comienza planteando la configuración de la cámara domo. La limitante de la altura que llega a alcanzar la plataforma con esta combinación hace que sea la de mayor complejidad al momento de definir la propuesta de diseño. En la imagen se observa la plataforma desde una vista frontal en la que se comienza a estudiar la distancia que separa la cámara domo del suelo.</p>

DESCRIPCIÓN	
 A technical drawing of a camera mounted on a mobile platform. The camera is attached to a long, adjustable arm that extends upwards. The platform is a rectangular base with two circular wheels. The drawing is a side view, showing the mechanical structure of the arm and the camera housing.	<p>La estructura se plantea partiendo del uso de estructuras similares a los desarrollos de grandes construcciones como la torre Eiffel. En esta propuesta se plantea la implementación de un brazo que permita la variación de la altura en la que se ubica la cámara domo al interior de la estructura. En la imagen se observa la implementación de la cámara térmica con housing.</p>

	<p>El módulo planteado para el desarrollo de la estructura es sencillo y conformado de barras. El planteamiento inicial es que un solo módulo permita formar una base sobre la plataforma. En la que se implementarán los dispositivos de visión, sobretodo, la cámara domo cuya ubicación se plantea en la parte más alta de la estructura. Dentro de los módulos se plantea la ubicación de las otras dos cámaras a través de acoples de cuerdas. En la imagen se observa el diseño del módulo en una vista ¾.</p>
	<p>Para el diseño del módulo se toma como referencia las estructuras usadas para la construcción de la torre Eiffel, tratando de seguir el método de repartición de cargas y el comportamiento interno de la estructura.</p> <p>La cámara HD y la térmica se ubican al interior del módulo planteado. Se propone un sistema de ajuste que mantenga las cámaras "suspendidas" al interior del módulo, el cual, protege los dispositivos de los golpes, salvo la cámara domo cuya exposición es alta. En la imagen se hace un plano de acercamiento a la posible ubicación del dispositivo en el primer módulo planteado.</p>
	<p>En el espacio disponible sobre la plataforma para el montaje de la estructura, se plantea el uso de cuatro módulos base. En el centro se propone la ubicación de una plataforma completa que soporte la implementación de la cámara domo y el brazo de posicionamiento.</p>

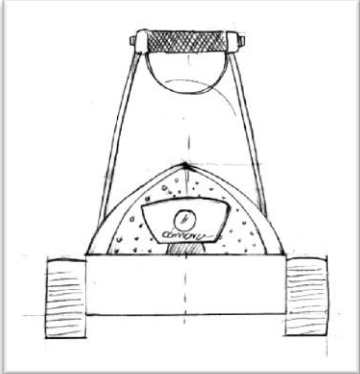
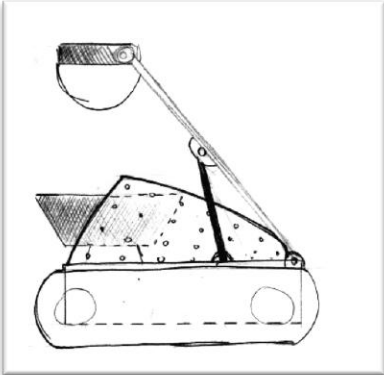
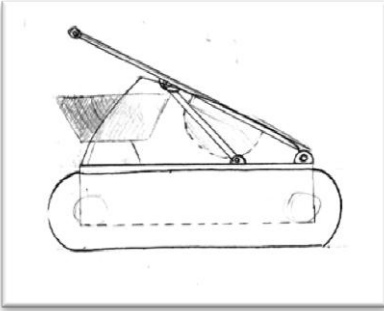
Alternativa dos.

Presentación de la alternativa dos. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
 A technical drawing showing a dome-shaped camera mounted on a vertical support structure. The support is attached to a rectangular platform with two cylindrical components on the sides. The drawing is a perspective view from the front.	<p>Nuevamente se aborda la combinación de cámara domo y la implementación de la cámara térmica. El diseño de esta estructura se orienta a una plataforma más despejada.</p>
 A technical drawing of a robotic arm with two joints. The arm is extended upwards and holds a dome-shaped camera. The base of the arm is a rectangular platform with two circular components on the sides.	<p>Nuevamente se plantea el uso del brazo para sostener la cámara domo a la altura indicada. Se plantean dos puntos de pivote que permitan recoger la cámara lo máximo posible y evitar volcamientos debido al peso suspendido. No hay módulos voluminosos sino una base delgada sobre la cual se ubican los dispositivos con un ajuste adecuado.</p>
 A technical drawing of a modular platform. It shows a rectangular base with a grid pattern. Several rectangular modules are shown being placed on the grid. The drawing is a perspective view from the top. The word 'Plataforma' is written in the bottom right corner.	<p>La base para la plataforma se plantea en un desarrollo por zonas que se desplazan sobre rieles ubicados a lado y lado de la plataforma robótica. Tres zonas de dimensiones similares cubren el espacio virtual disponible. Estos rieles tiene como finalidad el montaje rápido de los dispositivos, pues en la alternativa se propone que cada módulo posea los sistemas de acoples determinados y el operador solo deba ubicar la zona modular necesaria según la misión.</p>




Alternativa tres.

Presentación de la alternativa tres. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta alternativa el punto de partida nuevamente es la combinación cámara domo y térmica. En esta se podrá apreciar la solución planteada a los factores del entorno como el agua. Es una superficie que cubre la cámara inferior y la mantiene a salvo de golpes y agua. En la imagen se puede apreciar la vista frontal de la alternativa propuesta.</p>
	<p>La superficie que recubre la cámara inferior es una lámina cuyo fin es proteger el dispositivo del agua y de golpes. Tiene huecos de sujeción en la extensión de la superficie para permitir el montaje de más elementos en los casos que sea necesario. Existe un brazo, sin embargo esta vez se realiza el posicionamiento a través de un sistema hidráulico que modifica la altura de la cámara domo. No existen módulos. En la imagen se aprecia la alternativa propuesta desde una imagen de vista lateral.</p>
	<p>Debido al peso de la cámara domo y el requisito de estar elevada a cierta altura, en esta alternativa se plantea el uso de un sistema hidráulico que permita al operario modificar el ángulo de la estructura, acercando así el centro de masa. Se propone con el fin de evitar volcamientos durante la ejecución de las tareas de exploración. El planteamiento del diseño de esta estructura proviene de la arquitectura realizada por Calatrava. En la imagen se puede apreciar el punto mínimo donde descansaría la cámara domo.</p>


Alternativa cuatro.


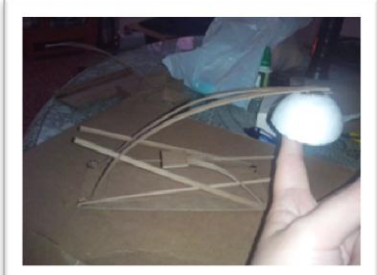
Presentación de la alternativa cuatro. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
	<p>El desarrollo de esta alternativa se aleja ya de conceptos de diseño estructurales como los dos anteriores, se hace uso de figuras básicas como el cuadrado. En esta propuesta se plantea la construcción de módulos que puedan ser implementados según los dispositivos a usar. Se propone a su vez el diseño de una superficie auxiliar donde se ubiquen las cámaras sin housing. Son módulos huecos con el fin de ubicar los mecanismos electrónicos y los componentes de movimiento correspondientes. En la imagen se observan las formas de los módulos contraídos en cartón para tener una idea cercana a la propuesta que se desea plantear.</p>
	<p>En esta propuesta la idea principal es la formación creciente en vertical de los módulos. El apilamiento permite aprovechar el espacio de trabajo disponible sobre la plataforma. Los módulos cuentan con una saliente cuyo fin es sostener las cámaras cuando estas vayan acompañadas del diseño de carcasa correspondiente a la propuesta. En la imagen se puede observar la configuración de los módulos sobre la plataforma móvil robótica, además, de la estructura para el sostenimiento de la cámara domo.</p>
	<p>En esta propuesta, la estructura para el dispositivo de visión de domo no cuenta con movimiento. Es una estructura fija en forma de arco, cuya ubicación varía entre el segundo y tercer tercio del espacio disponible para trabajar. Dicha armazón sostiene la cámara a una altura determinada. Se plantea que la estructura del domo sea la única que vaya fija al módulo que le corresponde, esto con el fin de evitar el uso de acoples. Para el montaje de los módulos se maneja el riel sobre la plataforma móvil y que permita solo el deslizamiento de los elementos estructurales.</p>

Alternativa cinco.



Presentación de la alternativa cinco. **Fuente:** Autores del proyecto.

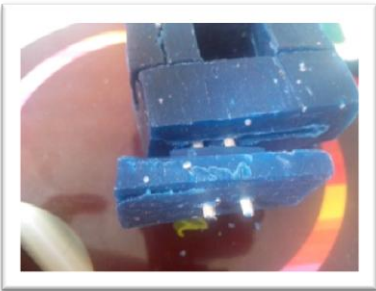
DESCRIPCIÓN	
	<p>Para esta alternativa, se parte del uso de una estructura en armazón y una superficie de apoyo en el centro que se destina al uso de las cámaras HD y térmica. Se hace uso completo del espacio disponible para trabajar con el fin de darle estabilidad a la estructura. En la imagen se puede observar una vista general de como luce la alternativa planteada.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>En la imagen se puede observar un detalle de la unión de la estructura.</p>
	<p>La cámara domo estará suspendida usando la misma estructura en arco que la propuesta anterior. En esta oportunidad, la cámara térmica se ubica un poco más hacia el centro de la plataforma, sobre una superficie con la que se plantea otorgarle el movimiento necesario para el posicionamiento. En la imagen se puede ver una simulación de la cámara domo sujeta a la estructura que se propone.</p>

Alternativa seis.


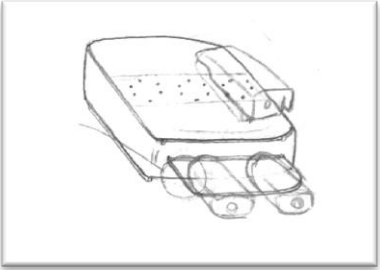
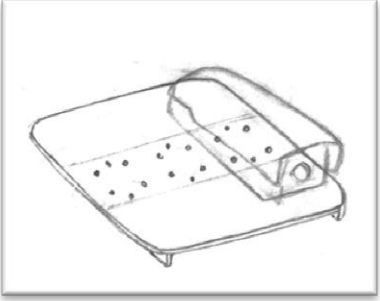
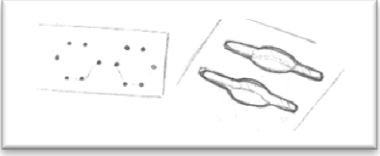
Presentación de la alternativa seis. **Fuente:** Autores del proyecto.

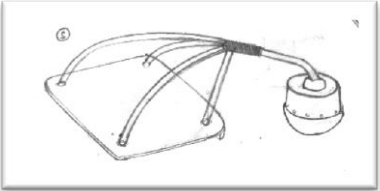
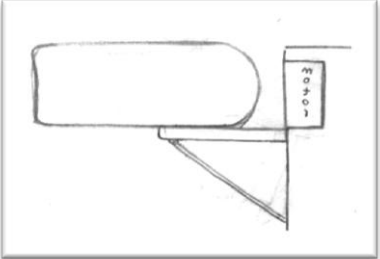
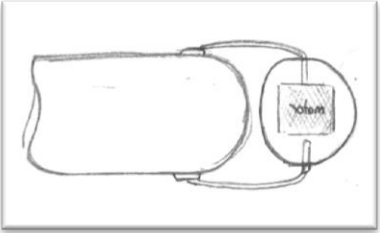
DESCRIPCIÓN	
	<p>Para esta alternativa se retoma el uso de módulos a partir de figuras básicas. Dichos componentes modulares son figuras en forma de L que se apilan uno sobre otro para formar una estructura robusta. En la imagen se puede observar la aproximación al concepto haciendo uso del modelado.</p>
	<p>Los módulos permiten el montaje de una estructura que cuenta con lo necesario para la implementación de los dispositivos. Al apilar los módulos se obtiene una torre en la que se plantea, en la superficie, el montaje de la estructura en forma de arco para la cámara domo. Al ser hueca en la parte central se propone el paso de cableado y los sistemas de alimentación. Son tres niveles de dos módulos para conformar la estructura total, sin embargo podría requerir menos módulos según la misión. En la imagen se puede observar la torre compuesta por los módulos de la alternativa.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Se observa la solución planteada para el montaje de las cámaras HD y térmica. Un sistema lateral que mantenga a las cámaras sujetas en voladizo a lado y lado. Esta solución se limita al uso de los dispositivos de visión con las carcasas que forman parte de la propuesta. Es un riel, que gracias al circuito electrónico que tiene le permite deslizarse hacia adelante o hacia atrás. Y realizar movimientos de arriba abajo. En la imagen se ve el detalle del sistema planteado, un sistema de pivote que da los grados de libertad a las cámaras. El uso del housing no se garantiza en esta propuesta debido al peso de los dispositivos.</p>

Alternativa siete.

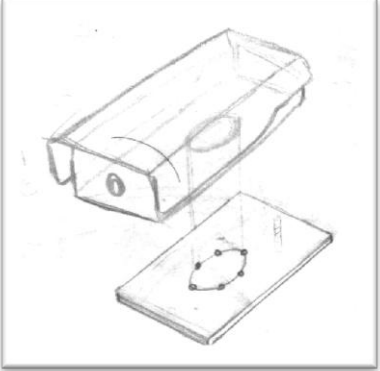
Presentación de la alternativa siete. **Fuente:** Autores del proyecto.

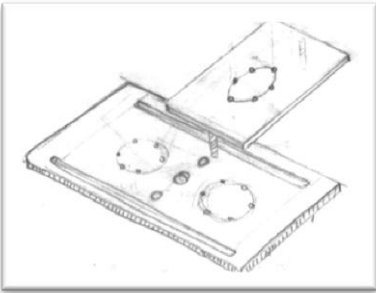
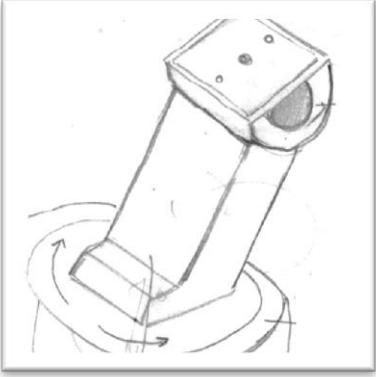
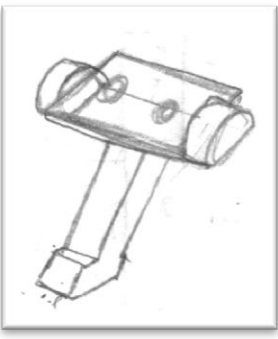
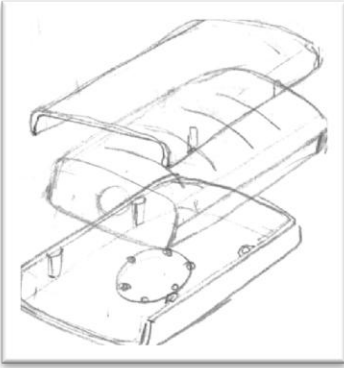
DESCRIPCIÓN	
	<p>Se retoma el uso de las formas básicas y la propuesta de un módulo con plataforma para las cámaras con carcasa. Para esta alternativa, la estructura se compone de tres módulos iguales que se deslizan sobre rieles ubicados en la plataforma móvil robótica. El componente modular es hueco, con el fin de ubicar dentro de él los sistemas de alimentación de los dispositivos, los circuitos electrónicos y los motores necesarios para el movimiento. En la imagen se observa la propuesta del módulo a usar.</p>
	<p>El modulo ofrece posibilidades de ubicación para las cámaras, una de ellas es sobre la superficie en voladizo. Esta misma superficie cuenta con los motores necesarios para hacer que las cámaras con carcasa puedan moverse. Las cámaras con housing, debido al peso que tienen se ubican sobre la superficie del módulo de manera tal que las cargas se repartan de mejor manera. Se propone un sistema de ajuste repartido que permita ubicar dos cámaras a lado y lado del módulo o centrar una sola cámara. Dicho montaje se realiza sobre una superficie que puede ser removida y cuya función es proteger los circuitos internos. En la imagen se observa una vista general de la ubicación de los dispositivos.</p>
	<p>Para complementar el modulo, se diseña una superficie corrediza cuyo fin es proteger los sistemas internos. Esta misma superficie tiene los acoples para las cámaras con housing. En la imagen se puede observar las posibilidades de ubicación de dichos dispositivos. Esta superficie permite el montaje de las combinaciones HD y térmica así mismo la térmica únicamente. En la imagen se observa la alternativa planteada.</p>
	<p>Se plantea para el montaje de las cámaras, usar el sistema de acople que ya traen comercialmente. Esto con el fin de estandarizar la construcción. En la imagen se observa el detalle de los ajustes planteados para la sujeción de las cámaras.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta propuesta, se retoma el uso de una estructura para la cámara domo que sea estática. No posee movimiento pero se plantea tenga más puntos de apoyo para equilibrar las cargas. Es un módulo completo, es decir, la estructura y el modulo son una unidad. En la imagen se puede observar el armazón que se plantea para sujetar la cámara domo a la altura deseada.</p>
	<p>En esta propuesta, la plataforma en voladizo cuenta con los dos grados de libertad necesarios. El primer motor va ubicado al interior del módulo que otorga el desplazamiento vertical de la plataforma. En la imagen se ve la vista lateral del módulo, la cámara con la carcasa propuesta y la plataforma en voladizo de la alternativa.</p>
	<p>El movimiento horizontal lo otorga un motor ubicado en la parte de atrás de la cámara. En la imagen se observa una vista desde la superior de la ubicación de la cámara y el correspondiente motor.</p>

Alternativa ocho.

Presentación de la alternativa ocho. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta alternativa se explora el diseño de un sistema de sujeción para las cámaras. Se propone una superficie que permita la sujeción de los dispositivos, manteniéndolo seguro. En la imagen se ve la alternativa de implementación de la cámara con housing.</p>

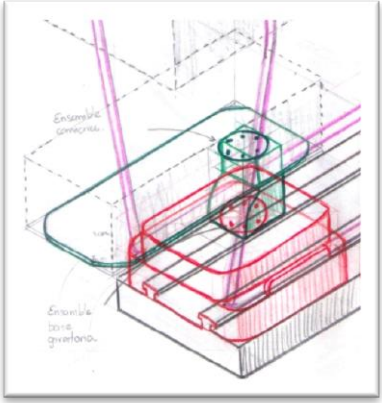
DESCRIPCIÓN	
	<p>La alternativa plantea el uso de una superficie de ajuste variable dependiendo de la combinación o el dispositivo a usar. En este caso, se cuenta con una plataforma base para el montaje de la cámara HD y térmica. En la parte superior, una plataforma auxiliar se ubica en el centro y permite el montaje de la cámara térmica en su respectiva combinación con la cámara de domo. En la imagen se puede ver el riel que permite ajustar la plataforma anexa según las necesidades del operador y los objetivos de la misión.</p>
	<p>Alternativa que plantea el desarrollo de un brazo apoyado sobre una base móvil giratoria. En el cabezal superior se encuentra el motor que ejecuta un movimiento vertical, mientras que la base gira, permitiendo a la cámara realizar un barrido por el entorno. La propuesta incluye además que los cabezales se puedan montar según la cámara o juego de cámaras a usar. En tal caso, las superficies anteriormente descritas son ajustadas por el operador. En la imagen se ilustra el brazo que sostiene las cámaras y se muestra el posible sistema de acople de la superficie con el brazo.</p>
	<p>Variación del brazo., La forma varia cambiando los puntos de pivote y ubicándolos a lado y lado. De igual manera el motor se mantiene en la parte inferior de la plataforma de soporte para las cámaras y la base mantiene el movimiento giratorio. En la imagen se ilustra el brazo variación de la propuesta.</p>
	<p>Las carcasas que son parte de la propuesta son implementos sencillos. La función principal es evitar que el agua caiga sobre las cámaras o las conexiones internas, su forma se plantea para que el agua se desvíe y caiga fuera del alcance del dispositivo. Al no contar con un sistema de refrigeración interno, los expertos en las distintas áreas nos han recomendado el uso de trampas de aire que permitan la ventilación natural y la captura de partículas de polvo. En la imagen se ilustra la propuesta de carcasa, un elemento dividido que funciona para capturar la cámara en el centro. Esta carcasa se usa para reducir el peso y las dimensiones de las cámaras originales con el housing.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>La estructura para la cámara domo se plantea, en esta alternativa, como la unión de varias piezas que forman una estructura fija. Se establece que la ubicación de la estructura de domo estará en la tercera zona del área de trabajo. Esta solución de diseño está influenciada por el proceso de producción que limita la construcción de piezas grandes. En la imagen se ilustra la posición de la cámara domo y la ubicación de la cámara térmica al frente de la plataforma. El espacio que existe entre las dos cámaras está ajustado a las necesidades.</p>

Alternativa nueve.


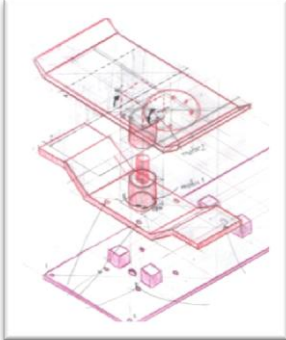
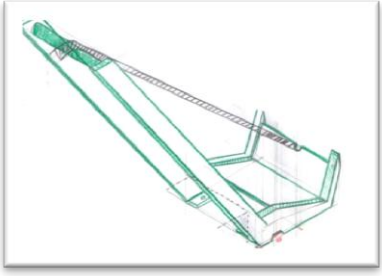
Presentación de la alternativa nueve. **Fuente:** Autores del proyecto.

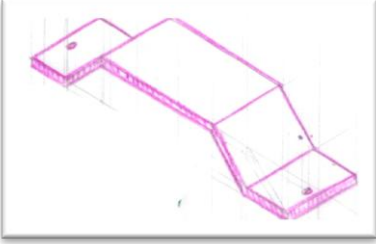
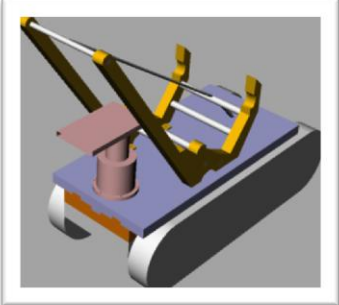
DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta alternativa, lo que se plantea es una estructura que se eleve sobre la plataforma robótica y, con ajuste en cuatro puntos, sirva de soporte a la cámara domo. Se busca con la propuesta permitir la implementación de la cámara domo adelante o atrás dependiendo de la misión y de la implementación de otros dispositivos sobre la plataforma. El ajuste de la cámara se realiza de acuerdo al acople comercial que la cámara trae. En la imagen se ilustra una vista general de la estructura sobre la plataforma. Los módulos, la ubicación de la cámara térmica (verde) y la cámara domo (morado).</p>
	<p>El modulo planteado para la alternativa no varía mucho de otras propuestas realizadas anteriormente. En este caso el modulo es un cuadrado que tiene los acoples necesarios según los dispositivos a implementar. Se cuenta con un nivel básico y un posible segundo nivel gracias a que cada módulo cuenta con rieles en la parte superior para permitir el apilamiento de más componentes. En la imagen se ilustra el modulo correspondiente al montaje del motor parte del proyecto de diseño. Se puede ver también que la cámara domo tiene su punto de apoyo sobre el módulo.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Para las cámaras, se plantea una estructura sencilla que permita el movimiento vertical y horizontal necesario. El montaje de la base se realiza sobre el módulo. Es decir, el brazo es un todo un sistema aparte. El módulo se desliza sobre la plataforma haciendo uso de rieles que atraviesan en paralelo. En la imagen se ilustra el montaje del primer módulo así mismo, la implementación de la cámara térmica y los espacios virtuales que ocupan los dispositivos de visión.</p>

Alternativa diez.

Presentación de la alternativa diez. **Fuente:** Autores del proyecto.

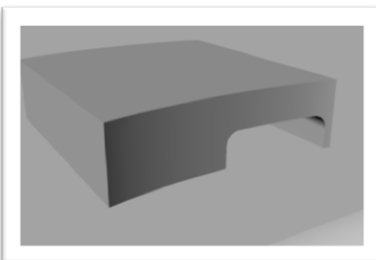
DESCRIPCIÓN	
	<p>En esta alternativa se hizo una variación en la división del área de trabajo. De tres zonas se dio paso a la creación de seis divisiones. Reduciendo el tamaño los módulos y aumentando los elementos modulares en la propuesta.</p>
	<p>En la propuesta, el módulo se alarga y propone se extienda más allá del área de trabajo, generando así una zona "extra" para el montaje de dispositivos. El módulo está compuesto por una superficie doblada, similar a un alerón, y en el centro un espacio dedicado al montaje del primer motor, el cual genera un movimiento horizontal. El brazo de soporte de las cámaras se ajusta al elemento central y se completa el juego de movimientos, pues se plantea que el otro motor este en dicha superficie. En la imagen se ilustra la superficie de la plataforma, el sistema de acople para el módulo, que se plantea a través de pernos, y finalmente, el cabezal móvil de las cámaras.</p>
	<p>Para la cámara domo se plantea una nueva estructura. Debido al problema del torque existente por la suspensión del peso se realiza una búsqueda de posibles soluciones y se plantea una solución que involucra el uso de una guaya o cable para ejercer apoyo y distribuir de mejor manera las cargas. La guaya cuenta con una estructura en forma de L para mantenerla tensa. Esta estructura planteada realizaría el montaje tomando más de un módulo de la propuesta debido a la dimensión de la misma. En la imagen se ilustra la forma que tendría la estructura de soporte y el lugar por donde estaría dispuesta la guaya.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Esta parte de la propuesta involucra la repetición del módulo básico pero esta vez, orientado a la protección de los equipos implementados. Esta alternativa plantea que en el área que se gana fuera de la zona de trabajo se pueda realizar el ajuste de este módulo, o de otros dispositivos.</p>
	<p>Esta es una evolución de la alternativa. Se plantea que la estructura que tiene la guaya se expanda en la base, con el fin de lograr estabilidad. El ajuste de la estructura se propone en el alerón y de esa forma, llevar la estructura una o dos zonas más adelante, centrándola dentro de la plataforma móvil; y no tan atrás, como ha estado en la mayoría de las alternativas. En la imagen se puede observar el montaje de la estructura sobre la plataforma. Se ha usado la combinación de cámara domo y térmica pues implica un grado mayor de complejidad la configuración de la misma. En la imagen se ilustra el modelado de la alternativa en programa 3D</p>

Alternativa once.


Presentación de la alternativa once. **Fuente:** Autores del proyecto.


DESCRIPCIÓN	
	<p>Revisando los recursos disponibles para trabajar, en la siguiente propuesta lo que se plantea es el uso de la tapa de la plataforma como parte de la estructura propuesta. En ella se implantarán los sistemas de acople, que consiste en tornillos de seguridad que mantendrán fija la estructura sobre la plataforma. En la imagen se ilustra cómo podría ser una posible distribución de dichos acoples de seguridad.</p>
	<p>De igual forma, se plantea una estructura que cubra la plataforma y en su interior tenga los rieles que servirán de acople para los elementos estructurales que han de ser implementados. Esta idea se plantea de la alternativa anterior con el fin de ampliar la zona disponible para trabajar. En la ilustración se muestra el montaje de la base de la estructura sobre la plataforma móvil robótica.</p>

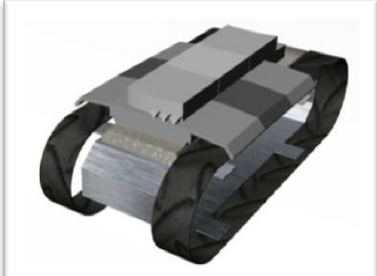
	<p>Tres módulos componen el primer nivel de la estructura. Son tres módulos cuya función es servir de soporte. Cuentan con rieles en su superficie con el fin de permitir el montaje de más elementos modulares sobre ellos, apilándose y abriendo la plataforma a nuevas alternativas. En la imagen se muestra la ubicación de los módulos planteados y una vista general de cómo se verá la plataforma con el montaje de la estructura.</p>
DESCRIPCIÓN	
	<p>El modulo consiste en una evolución de las formas geométricas que se han trabajado en alternativas anteriores. Los rieles de sujeción se mueven a un extremo con el fin de facilitar la implementación de los sistemas eléctricos y las salidas de datos y recursos para los dispositivos. Se plantea de esa manera, con el objetivo de facilitar la realización de las conexiones. En la imagen se ilustra la parte trasera del módulo base.</p>
	<p>El módulo superior presenta unas variaciones respecto al anterior. Es un módulo que encaja sobre los rieles del de base y permite al operario deslizarlo hasta la ubicación correcta. Tiene un espacio en el extremo, similar a una caja, en donde se plantea se puedan realizar las conexiones del dispositivo con la fuente de alimentación y de datos de la plataforma. En la ilustración se muestra la parte posterior del módulo.</p>

Alternativa doce.

Presentación de la alternativa doce. **Fuente:** Autores del proyecto.

DESCRIPCIÓN	
	<p>La alternativa que se presenta a continuación tiene una variante importante dentro del desarrollo del proyecto. Es la inclusión del modem de control de la plataforma. Hasta el momento las propuestas involucraban un espacio virtual destinado para el montaje de sistemas electrónicos y de datos. El dispositivo, según indicaciones del equipo de profesionales, debe ir al interior de la plataforma. Por lo que se hace necesario destinarle un espacio para el montaje. En la imagen se ilustra los rieles de la base de la estructura y al final, el espacio destinado para el montaje del modem. Una saliente que sirve para ajustar los elementos modulares que vienen sobre los rieles. Sirviendo de tope y limitando el movimiento.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Se hace más robusta la plataforma extendida con el fin de darle una mayor área de soporte a los dispositivos superiores. Son tres módulos que conforman la base. Están igualmente dotados de tres rieles paralelos que servirán de ajuste para los módulos superiores. En la imagen se puede apreciar cómo se disponen los módulos y el espacio aproximado que ocuparán. La caja del modem sirve de ajuste para que los módulos no se desplacen horizontalmente.</p>

DESCRIPCIÓN	
	<p>Los módulos conforman una base robusta. Los rieles permiten, al estar alineados, el montaje de otros componentes modulares sobre ellos. Se plantea un pequeño desnivel en la plataforma con el fin de permitir que el agua fluya fuera de la plataforma evitando quedar empozada. En la imagen se ilustra la ubicación de los módulos propuestos.</p>
	<p>Montaje de la estructura con los módulos superiores. El diseño se retomó de las propuestas anteriores, componentes cuadrados sobre los cuales finalmente se realiza el montaje de los dispositivos. La plataforma extendida permite el montaje de otras estructuras fuera del área de trabajo establecida al comienzo. En la imagen se puede observar como luce la propuesta modelada en programa 3D.</p>

ANEXO H evaluación de alternativas

Alternativa uno:

PRIMER ASPECTO: MODULARIDAD				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La estructura debe estar conformada por módulos sencillos	1	2	2
3	Los modulas deben permitir el montaje de los dispositivos de visión disponibles.	3	3	2
2	Diseño de módulos para una plataforma abierta. Implementación de dispositivos futuros	3	3	3
3	Rápido montaje de los componentes modulares	2	2	2
2	Montaje de más o menos componentes modulares dependiendo de la misión	2	2	1
2	Evitar el sobredimensionamiento de los componentes modulares	3	2	2
3	Los módulos permiten el montaje de los dispositivos de visión, iluminador y motor.	2	1	1
3	El módulo para el montaje del motor debe ser fácil de instalar, robusto y con el ajuste indicado.	2	2	1
1	Permite el montaje de dispositivos sin tener en cuenta la ubicación de la estructura.	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		49	47	39
SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	La estructura protege los dispositivos de visión, sistemas electrónicos y entradas de alimentación del entorno y golpes	1	2	1
3	La estructura debe contar con un sistema de acople que fije y asegure los módulos y los dispositivos de visión	3	1	2
2	La estructura modular cuenta con los aspectos para la ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios	3	3	3

3	Evitar los obstáculos que entorpezcan el ángulo de visión	3	3	2
3	La estructura debe permitir el montaje de diferentes combinaciones de dispositivos	3	2	3
3	Posibilidad de movimiento en dos grados de libertad	2	3	3
2	Espacio para el montaje del dispositivo de iluminación, según sea necesario	1	2	1
3	La estructura modular soporta el peso de las cámaras y sus distintas combinaciones. Incluido peso de la estructura y fuerzas externas que actúan sobre la plataforma.	2	3	1
3	El diseño de la estructura permite mantener la cámara como suspendida	2	3	1

SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	Sistema de ajuste para la correcta ubicación del dispositivo de iluminación	1	2	1
3	La propuesta tiene en cuenta la ubicación de las conexiones de los dispositivos, los módems y de la fuente de alimentación energética.	2	3	3
2	Control de los grados de libertad de forma independiente	1	1	3
3	Evita el empozamiento de agua	3	3	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		74	83	69
TERCER ASPECTO: ACOPLES Y MONTAJE				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La propuesta incluye sistemas de acoples rápidos y seguros	1	3	2
2	El montaje debe realizarse en poco tiempo y en el menor número de pasos	2	3	2
3	Los acoples deben garantizar la correcta sujeción de los módulos a la estructura	2	3	2
2	Los acoples deben reducir los errores por obstrucción de elementos del entorno	2	2	1
2	Los acoples deben permitir una rápida revisión	2	3	1
2	Fácil mantenimiento	3	3	1

SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		27	40	22
CUARTO ASPECTO: LENGUAJE DE USO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Acoples con fácil lenguaje de uso	3	3	2
1	Propuesta para el uso regional	3	3	3
3	Lenguaje de uso claro y sencillo tanto en el armado de la plataforma como en el ajuste de dispositivos	2	3	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		18	21	15
QUINTO ASPECTO: FACTORES DEL ENTORNO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
1	Uso de recursos disponibles de Tecnoparque SENA	3	3	3
2	Carcasas resistentes a los factores del entorno	2	3	2
2	La plataforma debe considerar las condiciones del entorno, respondiendo a posibles circunstancias que entorpezcan el correcto desempeño de la plataforma	3	3	2
3	La estructura debe proteger los sistemas electrónicos y las entradas de alimentación de los factores del clima y condiciones del entorno	3	3	3
1	Ubicación de los dispositivos dentro de las dimensiones de la plataforma	3	2	2
2	Las carcasas de la propuesta protegen a las cámaras del agua y el polvo	2	2	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		26	27	23
SEXTO ASPECTO: DISPOSITIVOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Reducción del peso y los volúmenes de las cámaras con el uso de carcasas complementarias	3	3	3
1	Las carcasas de la propuesta protegen las cámaras durante tiempo limitado	3	3	2

2	La cámara HD y la térmica siempre han de apuntar al mismo ángulo de visión	3	3	3
3	La implementación de la cámara domo limita el uso a terrenos amplios	3	3	2
2	El iluminador dependerá de las condiciones de luz del entorno	2	2	1
1	La ubicación del iluminador debe garantizar que no influye en la cámara térmica	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		34	34	28
SEPTIMO ASPECTO: SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	Estructura abierta para desarrollo posterior de la plataforma	3	3	3
1	Entradas de alimentación y datos ubicados sobre la plataforma	3	3	3
2	Las entradas de datos y alimentación no debe limitar la ubicación de los dispositivos	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		15	15	15

Alternativa dos:

PRIMER ASPECTO: MODULARIDAD				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La estructura debe estar conformada por módulos sencillos	3	3	3
3	Los modulas deben permitir el montaje de los dispositivos de visión disponibles.	2	3	2
2	Diseño de módulos para una plataforma abierta. Implementación de dispositivos futuros	3	3	3
3	Rápido montaje de los componentes modulares	2	3	2
2	Montaje de más o menos componentes modulares dependiendo de la misión	3	3	3
2	Evitar el sobredimensionamiento de los componentes modulares	2	2	2
3	Los módulos permiten el montaje de los dispositivos de visión, iluminador	1	1	1

	y motor.			
3	El módulo para el montaje del motor debe ser fácil de instalar, robusto y con el ajuste indicado.	2	3	2
1	Permite el montaje de dispositivos sin tener en cuenta la ubicación de la estructura.	2	2	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		48	57	48
SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	La estructura protege los dispositivos de visión, sistemas electrónicos y entradas de alimentación del entorno y golpes	1	2	1
3	La estructura debe contar con un sistema de acople que fije y asegure los módulos y los dispositivos de visión	3	3	2
2	La estructura modular cuenta con los aspectos para la ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios	3	3	3
SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Evitar los obstáculos que entorpezcan el ángulo de visión	2	3	3
3	La estructura debe permitir el montaje de diferentes combinaciones de dispositivos	3	3	2
3	Posibilidad de movimiento en dos grados de libertad	3	3	3
2	Espacio para el montaje del dispositivo de iluminación, según sea necesario	1	1	1
3	La estructura modular soporta el peso de las cámaras y sus distintas combinaciones. Includo peso de la estructura y fuerzas externas que actúan sobre la plataforma.	2	2	2
3	El diseño de la estructura permite mantener la cámara como suspendida	2	3	2
2	Sistema de ajuste para la correcta ubicación del dispositivo de iluminación	1	1	1
3	La propuesta tiene en cuenta la ubicación de las conexiones de los dispositivos, los módems y de la fuente de alimentación energética.	3	3	2

2	Control de los grados de libertad de forma independiente	3	3	2
3	Evita el empozamiento de agua	3	2	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		81	86	73
TERCER ASPECTO: ACOPLER Y MONTAJE				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La propuesta incluye sistemas de acoples rápidos y seguros	3	3	2
2	El montaje debe realizarse en poco tiempo y en el menor número de pasos	3	3	3
3	Los acoples deben garantizar la correcta sujeción de los módulos a la estructura	3	3	3
2	Los acoples deben reducir los errores por obstrucción de elementos del entorno	2	3	2
2	Los acoples deben permitir una rápida revisión	3	3	2
2	Fácil mantenimiento	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		40	42	35
CUARTO ASPECTO: LENGUAJE DE USO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Acoples con fácil lenguaje de uso	3	3	3
1	Propuesta para el uso regional	3	3	3
3	Lenguaje de uso claro y sencillo tanto en el armado de la plataforma como en el ajuste de dispositivos	3	2	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		21	18	21
QUINTO ASPECTO: FACTORES DEL ENTORNO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
1	Uso de recursos disponibles de Tecnoparque SENA	3	3	3
2	Carcasas resistentes a los factores del entorno	2	2	2

2	La plataforma debe considerar las condiciones del entorno, respondiendo a posibles circunstancias que entorpezcan el correcto desempeño de la plataforma	2	3	2
3	La estructura debe proteger los sistemas electrónicos y las entradas de alimentación de los factores del clima y condiciones del entorno	3	3	3
1	Ubicación de los dispositivos dentro de las dimensiones de la plataforma	1	2	2
2	Las carcasas de la propuesta protegen a las cámaras del agua y el polvo	2	2	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		25	28	26
SEXTO ASPECTO: DISPOSITIVOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Reducción del peso y los volúmenes de las cámaras con el uso de carcasas complementarias	2	2	2
1	Las carcasas de la propuesta protegen las cámaras durante tiempo limitado	2	3	2
2	La cámara HD y la térmica siempre han de apuntar al mismo ángulo de visión	3	3	3
3	La implementación de la cámara domo limita el uso a terrenos amplios	3	3	3
2	El iluminador dependerá de las condiciones de luz del entorno	2	3	1
1	La ubicación del iluminador debe garantizar que no influye en la cámara térmica	1	2	1
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		28	32	26
SEPTIMO ASPECTO: SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	Estructura abierta para desarrollo posterior de la plataforma	3	3	3
1	Entradas de alimentación y datos ubicados sobre la plataforma	1	3	2
2	Las entradas de datos y alimentación no debe limitar la ubicación de los dispositivos	1	2	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		9	13	12

Alternativa tres:

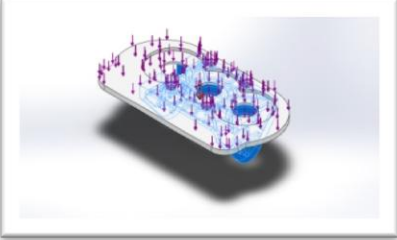
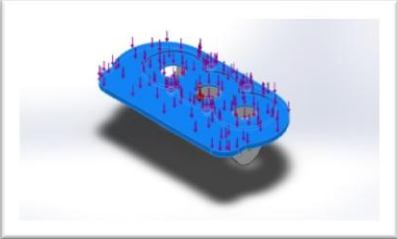
PRIMER ASPECTO: MODULARIDAD				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La estructura debe estar conformada por módulos sencillos	3	3	3
3	Los modulas deben permitir el montaje de los dispositivos de visión disponibles.	3	3	2
2	Diseño de módulos para una plataforma abierta. Implementación de dispositivos futuros	3	3	3
3	Rápido montaje de los componentes modulares	3	2	3
2	Montaje de más o menos componentes modulares dependiendo de la misión	3	3	3
2	Evitar el sobredimensionamiento de los componentes modulares	2	2	2
3	Los módulos permiten el montaje de los dispositivos de visión, iluminador y motor.	3	3	3
3	El módulo para el montaje del motor debe ser fácil de instalar, robusto y con el ajuste indicado.	2	3	3
1	Permite el montaje de dispositivos sin tener en cuenta la ubicación de la estructura.	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		61	61	61
SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	La estructura protege los dispositivos de visión, sistemas electrónicos y entradas de alimentación del entorno y golpes	2	3	1
3	La estructura debe contar con un sistema de acople que fije y asegure los módulos y los dispositivos de visión	2	3	2
2	La estructura modular cuenta con los espacios para la ubicación de los sistemas de alimentación y recolección de datos necesarios	3	3	3
3	Evitar los obstáculos que entorpezcan el ángulo de visión	3	3	3
3	La estructura debe permitir el montaje de diferentes combinaciones de dispositivos	2	3	3
3	Posibilidad de movimiento en dos grados de libertad	1	1	2

2	Espacio para el montaje del dispositivo de iluminación, según sea necesario	3	2	2
3	La estructura modular soporta el peso de las cámaras y sus distintas combinaciones. Includo peso de la estructura y fuerzas externas que actúan sobre la plataforma.	2	3	2
3	El diseño de la estructura permite mantener la cámara domo suspendida	3	1	1
SEGUNDO ASPECTO: ESTRUCTURA Y CARGAS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	Sistema de ajuste para la correcta ubicación del dispositivo de iluminación	2	2	2
3	La propuesta tiene en cuenta la ubicación de las conexiones de los dispositivos, los módems y de la fuente de alimentación energética.	3	3	3
2	Control de los grados de libertad de forma independiente	2	2	2
3	Evita el empozamiento de agua	2	3	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		78	84	74
TERCER ASPECTO: ACOPLES Y MONTAJE				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	La propuesta incluye sistemas de acoples rápidos y seguros	3	3	3
2	El montaje debe realizarse en poco tiempo y en el menor número de pasos	3	3	2
3	Los acoples deben garantizar la correcta sujeción de los módulos a la estructura	2	2	2
2	Los acoples deben reducir los errores por obstrucción de elementos del entorno	2	2	2
2	Los acoples deben permitir una rápida revisión	2	2	2
2	Fácil mantenimiento	1	2	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		31	33	31

CUARTO ASPECTO: LENGUAJE DE USO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Acoples con fácil lenguaje de uso	3	2	3
1	Propuesta para el uso regional	3	3	3
3	Lenguaje de uso claro y sencillo tanto en el armado de la plataforma como en el ajuste de dispositivos	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		21	18	21
QUINTO ASPECTO: FACTORES DEL ENTORNO				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
1	Uso de recursos disponibles de Tecnoparque SENA	3	3	2
2	Carcasas resistentes a los factores del entorno	3	3	2
2	La plataforma debe considerar las condiciones del entorno, respondiendo a posibles circunstancias que entorpezcan el correcto desempeño de la plataforma	3	3	2
3	La estructura debe proteger los sistemas electrónicos y las entradas de alimentación de los factores del clima y condiciones del entorno	3	3	3
1	Ubicación de los dispositivos dentro de las dimensiones de la plataforma	3	2	3
2	Las carcasas de la propuesta protegen a las cámaras del agua y el polvo	3	3	3
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		33	32	28
SEXTO ASPECTO: DISPOSITIVOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
3	Reducción del peso y los volúmenes de las cámaras con el uso de carcasas complementarias	3	3	3
1	Las carcasas de la propuesta protegen las cámaras durante tiempo limitado	2	3	2
2	La cámara HD y la térmica siempre han de apuntar al mismo ángulo de visión	3	3	3

3	La implementación de la cámara domo limita el uso a terrenos amplios	3	2	3
2	El iluminador dependerá de las condiciones de luz del entorno	2	2	3
1	La ubicación del iluminador debe garantizar que no influye en la cámara térmica	3	3	2
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		33	31	34
SEPTIMO ASPECTO: SISTEMAS ANEXOS Y CIRCUITOS INTERNOS				
Importancia	Necesidad	Experto uno	Experto dos	Experto tres
2	Estructura abierta para desarrollo posterior de la plataforma	3	2	3
1	Entradas de alimentación y datos ubicados sobre la plataforma	1	1	1
2	Las entradas de datos y alimentación no debe limitar la ubicación de los dispositivos	1	1	1
SUBTOTAL PARA EL ASPECTO CALIFICADO		9	7	9

ANEXO I: Estudios y resultados CAE – Análisis de piezas.

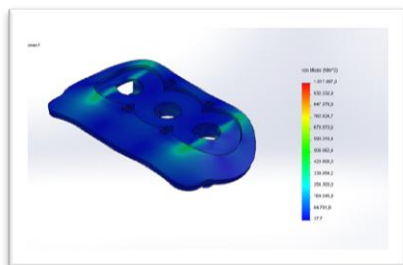
Simulación pieza plataforma cámaras posición horizontal	
<p style="text-align: center;">Plataforma base cámara (A)</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p style="text-align: right;">Masa: 0.268509 kg Volumen: 0.000263244 m³ Densidad: 1020 kg/m³ Peso: 2.63139 N Tipo: Fuerza normal – Gravedad Valor: 38 N</p> <p>Nombre: ABS prototipado</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite elástico: 4.1e+006 N/m² Límite de tracción: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 2e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.394 Densidad: 1020 kg/m³ Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²</p>
<p style="text-align: center;">Plataforma base cámara (B)</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p style="text-align: right;">Masa: 0.36428 kg Volumen: 0.00039044 m³ Densidad: 933 kg/m³ Peso: 3.56995 N</p> <p>Nombre: PP homopolímero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite de tracción: 3.3e+007 N/m² Límite de compresión: 3.93e+007 N/m² Módulo elástico: 1.79e+009 N/m² Densidad: 933 kg/m³</p>

Fuerza conectores

Conector 1	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0	-0.12118	-0	-0.12118
Fuerza cortante (N)	-0.48006	0	0.14814	0.50239
Torsor (N·m)	-0	-1.958e-013	-0	-1.958e-013
Momento flector (N·m)	-0.00037938	0	-0.00093154	0.0010058
Conector 2	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0	-0.12384	-0	-0.12384
Fuerza cortante (N)	0.48722	0	0.13755	0.50626
Torsor (N·m)	0	1.9755e-013	0	1.9755e-013
Momento flector (N·m)	-0.0003708	0	0.00095609	0.0010255

Simulación pieza plataforma cámaras posición horizontal

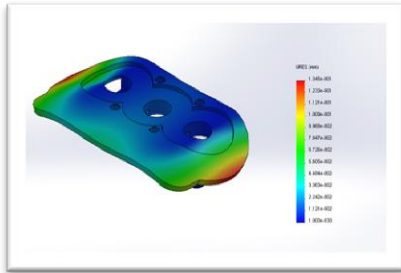
Conector 3	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0.047744	0	0.047744
Fuerza cortante (N)	-0.37083	0	-0.075611	0.37846
Torsor (N·m)	0	8.1872e-014	0	8.1872e-014
Momento flector (N·m)	6.8322e-005	0	-0.00070624	0.00070953
Conector 4	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0.034766	0	0.034766
Fuerza cortante (N)	0.37198	0	-0.077876	0.38005
Torsor (N·m)	-0	-7.979e-014	-0	-7.979e-014
Momento flector (N·m)	7.0758e-005	0	0.00073268	0.00073609



Tipo: VON: Tensión de Von Mises

Min: 37.7035 N/m²

Máx: 1.01709e+006 N/m²



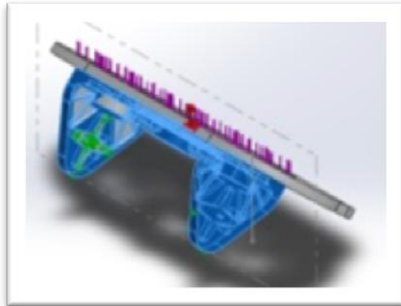
Tipo: Desplazamiento resultante

Máx: 0.046 mm

Factor de seguridad: 2.68

Simulación pieza plataforma cámaras posición inclinada – Material propuesto

Plataforma base cámara (A)



Masa: 0.269164 kg

Volumen: 0.000263887 m³

Densidad: 1020 kg/m³

Peso: 2.63781 N

Tipo: Fuerza normal – Gravedad

Valor: 80 N

Nombre:

ABS prototipado

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Límite elástico: 2.1e+006 N/m²

Límite de tracción: 3e+007 N/m²

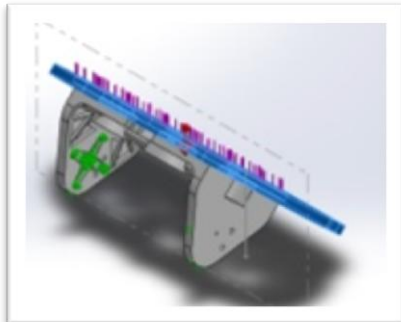
Módulo elástico: 2e+009 N/m²

Coefficiente de Poisson: 0.394

Densidad: 1020 kg/m³

Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²

Plataforma base cámara (B)



Masa: 0.398248 kg

Volumen: 0.00039044 m³

Densidad: 1020 kg/m³

Peso: 3.90284 N

Nombre:

PP homopolímero

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Límite elástico: 2.1e+006 N/m²

Límite de tracción: 3e+007 N/m²

Módulo elástico: 2e+009 N/m²

Coefficiente de Poisson: 0.394

Densidad: 1020 kg/m³

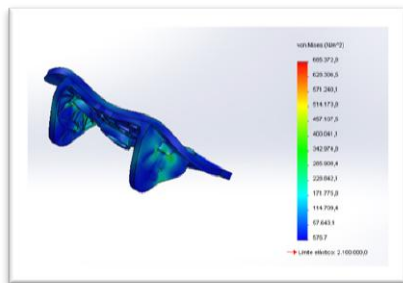
Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²

Fuerza conectores

Conector 1	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0.00048031	0.12599	-0.12016	0.1741
Fuerza cortante (N)	0.38661	0.071706	0.073639	0.40004
Torsor (N·m)	-2.0862e-014	5.4723e-012	-5.219e-012	7.5621e-012
Momento flector (N·m)	-0.00028488	0.00069776	0.00073275	0.0010512
Conector 2	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0.00041939	0.11001	-0.10492	0.15202
Fuerza cortante (N)	-0.37838	0.06807	0.072885	0.3913
Torsor (N·m)	-4.9238e-014	1.2915e-011	-1.231e-011	1.7848e-011
Momento flector (N·m)	-0.00026575	-0.00069675	-0.00072949	0.0010432

Simulación pieza plataforma cámaras posición inclinada – Material propuesto

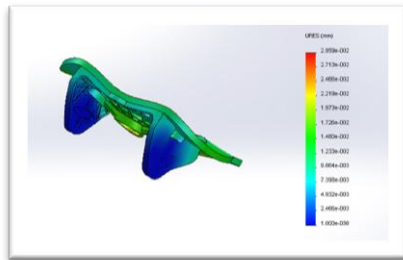
Conector 3	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0.00038405	-0.10074	0.096077	-0.13921
Fuerza cortante (N)	-0.40107	-0.063851	-0.065345	0.41134
Torsor (N·m)	-1.0578e-013	2.7747e-011	-2.646e-011	3.8344e-011
Momento flector (N·m)	7.8013e-005	-0.00075734	-0.00079439	0.0011003
Conector 4	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0.00024824	-0.065115	0.062102	-0.089982
Fuerza cortante (N)	0.40333	-0.063035	-0.067705	0.4138
Torsor (N·m)	-1.698e-014	4.454e-012	-4.247e-012	6.1549e-012
Momento flector (N·m)	8.5432e-005	0.00075351	0.00078972	0.0010949



Tipo: VON: Tensión Von Mises

Min: 576.748 N/m²

Máx: 685373 N/m²



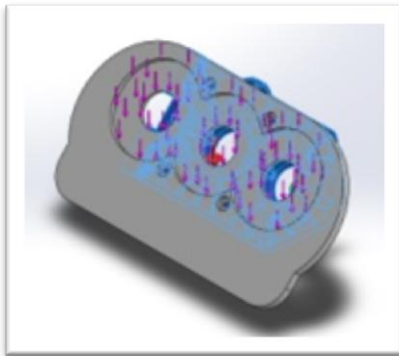
Tipo: Desplazamiento resultante

Máx: 0.0295

Factor de seguridad: 2.5

Simulación pieza plataforma cámaras posición inclinada – Material propuesto

Plataforma base cámara (A)



Masa: 0.44333 kg

Volumen: 0.000263887 m³

Densidad: 1680 kg/m³

Peso: 4.34463 N

Tipo: Fuerza normal – Gravedad

Valor: 80 N

Nombre: ABS prototipado

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Límite elástico: 3.1e+006 N/m²

Límite de tracción: 3e+007 N/m²

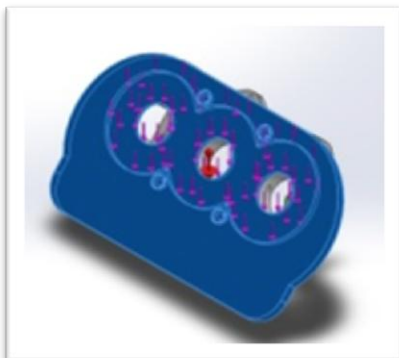
Módulo elástico: 1.38e+010 N/m²

Coefficiente de Poisson: 0.394

Densidad: 1680 kg/m³

Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²

Plataforma base cámara (B)



Masa: 0.655939 kg

Volumen: 0.00039044 m³

Densidad: 1680 kg/m³

Peso: 6.4282 N

Nombre: PP homopolímero

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Límite elástico: 3.1e+006 N/m²

Límite de tracción: 3e+007 N/m²

Módulo elástico: 1.38e+010 N/m²

Coefficiente de Poisson: 0.394

Densidad: 1680 kg/m³

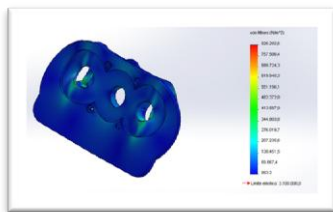
Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²

Fuerza conectores

Conector 1	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0.0001978	-0.096079	-0.10449	-0.14195
Fuerza cortante (N)	-0.30016	-0.03005	0.028199	0.30297
Torsor (N·m)	7.8393e-015	3.8079e-012	4.1413e-012	5.6259e-012
Momento flector (N·m)	3.5666e-005	0.00063484	-0.00058379	0.00086319
Conector 2	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-0.00018966	-0.092126	-0.10019	-0.13611
Fuerza cortante (N)	0.30705	-0.032166	0.028995	0.31009
Torsor (N·m)	-2.2637e-015	-1.099e-012	-1.195e-012	-1.624e-012
Momento flector (N·m)	4.248e-005	-0.00062266	0.00057245	0.00084688

Simulación pieza plataforma cámaras posición inclinada – Material propuesto

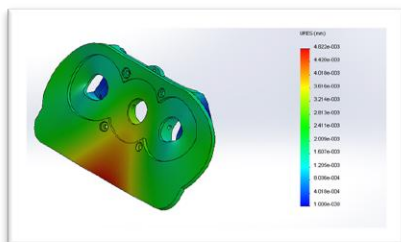
Conector 3	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0.00024457	0.1188	0.1292	0.17552
Fuerza cortante (N)	0.27436	0.054646	-0.050766	0.28432
Torsor (N·m)	-4.9516e-015	-2.405e-012	-2.615e-012	-3.553e-012
Momento flector (N·m)	0.00022502	-0.00051974	0.00047747	0.00074078
Conector 4	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0.00021222	0.10308	0.11211	0.1523
Fuerza cortante (N)	-0.31539	0.058433	-0.053132	0.32513
Torsor (N·m)	1.1319e-014	5.4981e-012	5.9795e-012	8.1231e-012
Momento flector (N·m)	0.00025077	0.00062129	-0.00057174	0.00088078



Tipo: VON: Tensión Von Mises

Min: 883.311 N/m²

Máx: 826293 N/m²



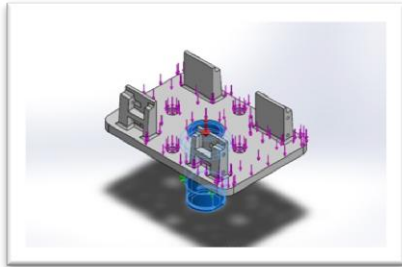
Tipo: Desplazamiento resultante

Máx: 0.00482 mm

Factor de seguridad: 2.5

Simulación pieza plataforma motores – eje movimiento

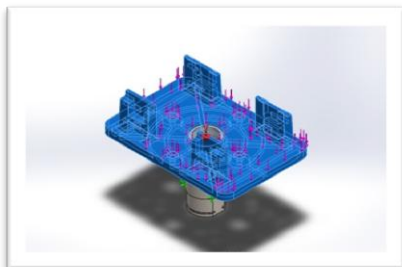
Eje movimiento



Masa: 0.14155 kg
 Volumen: 3.57449e-005 m³
 Densidad: 3960 kg/m³
 Peso: 1.38719 N
 Tipo: Fuerza normal – Gravedad
 Valor: 80 N

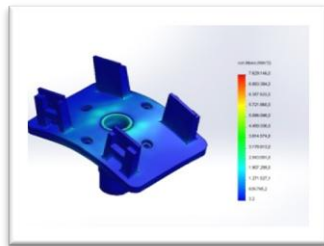
Nombre:	Alúmina
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico
Límite de tracción:	3e+008 N/m ²
Límite de compresión:	3e+009 N/m ²
Módulo elástico:	3.7e+011 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.22
Densidad:	3960 kg/m ³
Módulo cortante:	1.5e+011 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	7.4e-006 /Kelvin

Plataforma motores

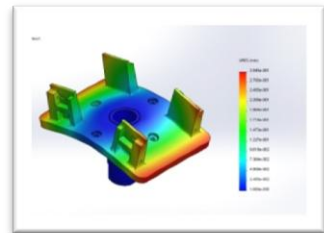


Masa: 0.110935 kg
 Volumen: 0.00010876 m³
 Densidad: 1020 kg/m³
 Peso: 1.08716 N

Nombre:	ABS prototipado
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	2.1e+007 N/m ²
Límite de tracción:	3e+007 N/m ²
Módulo elástico:	2e+009 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.394
Densidad:	1020 kg/m ³
Módulo cortante:	3.189e+008 N/m ²



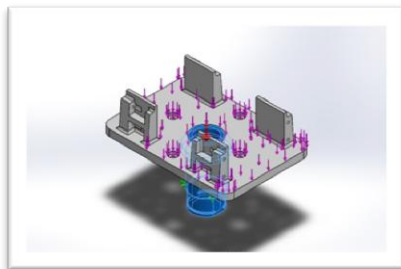
Tipo: VON: Tensión de Von Mises
 Min: 3.24872 N/m²
 Máx: 7.62915e+006 N/m²



Tipo: Desplazamiento resultante
 Máx: 0.2945 mm
 Factor de seguridad: 2.75

Simulación pieza plataforma motores – eje movimiento – Material propuesto

Eje movimiento



Masa:0.14155 kg

Volumen:3.57449e-005 m³

Densidad:3960 kg/m³

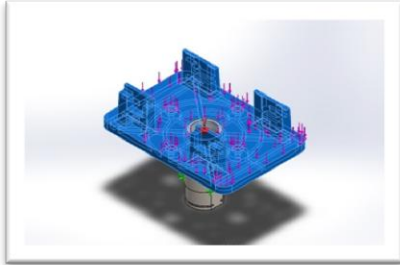
Peso:1.38719 N

Tipo: Fuerza normal – Gravedad

Valor: 80 N

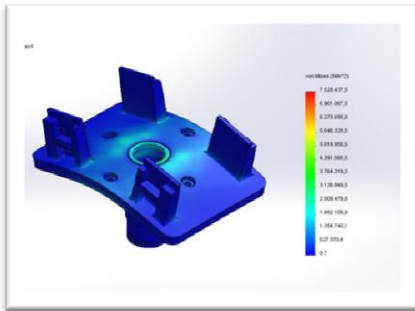
Nombre:	Alúmina
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite de tracción:	3e+008 N/m ²
Límite de compresión:	3e+009 N/m ²
Módulo elástico:	3.7e+011 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.22
Densidad:	3960 kg/m ³
Módulo cortante:	1.5e+011 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	7.4e-006 /Kelvin

Plataforma motores

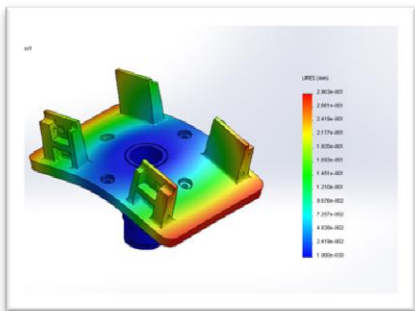


Masa:0.110935 kg
Volumen:0.00010876 m³
Densidad:1020 kg/m³
Peso:1.08716 N

Nombre:	Poliácido Láctico
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	2.1e+007 N/m ²
Límite de tracción:	3e+007 N/m ²
Módulo elástico:	2e+009 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.394
Densidad:	1020 kg/m ³
Módulo cortante:	3.189e+008 N/m ²

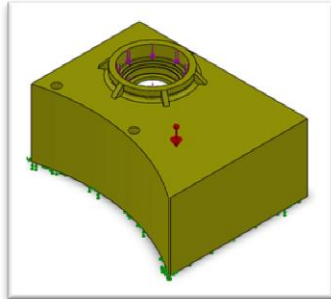


Tipo: VON: Tensión Von Mises
Min: 0.683634 N/m²
Máx: 7.52844e+006 N/m²



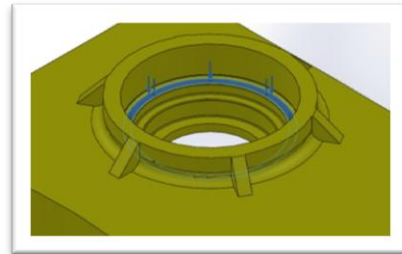
Tipo: Desplazamiento resultante
Máx: 0.290284 mm
Factor de seguridad PLA: 2.79

Simulación pieza modulo plano – Partición

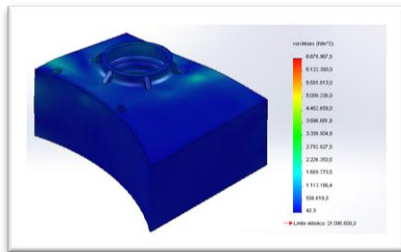


Masa: 0.433181 kg
 Volumen: 0.000424688 m³
 Densidad: 1020 kg/m³
 Peso: 4.24518 N
 Tipo: Fuerza Normal – Gravedad
 Valor: 80 N

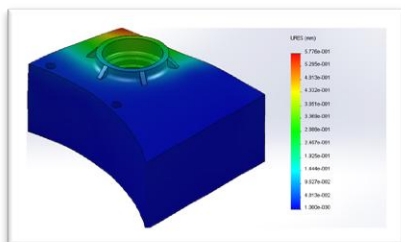
Nombre: ABS prototipado
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Límite elástico: 2.1e+007 N/m²
 Límite de tracción: 3e+007 N/m²
 Módulo elástico: 2e+009 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.394
 Densidad: 1020 kg/m³
 Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²



Detalle ubicación de la carga aplicada y fuerza de gravedad

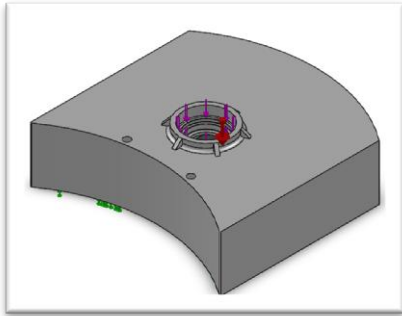


Tipo: VON: Tensión Von Mises
 Min: 42.2607 N/m²
 Máx: 6.67897e+006 N/m²



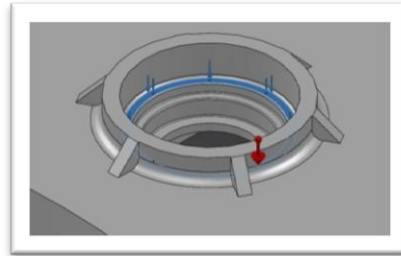
Tipo: Desplazamiento resultante
 Máx: 0.577 mm
 Factor de seguridad: 2.1

Simulación pieza modulo plano – Material propuesto – Completo

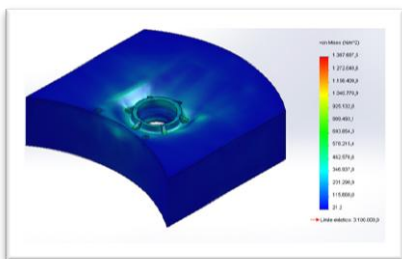


Masa: 1.96229 kg
 Volumen: 0.00116803 m³
 Densidad: 1680 kg/m³
 Peso: 19.2304 N
 Tipo: Fuerza normal – Gravedad
 Valor: 80 N

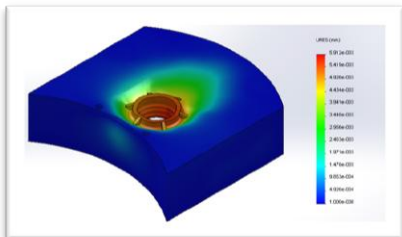
Nombre: **Poliácido Láctico**
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Límite elástico: 3.1e+006 N/m²
 Límite de tracción: 3e+007 N/m²
 Módulo elástico: 1.38e+010 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.394
 Densidad: 1680 kg/m³
 Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²



Detalle ubicación de la carga aplicada y fuerza de gravedad



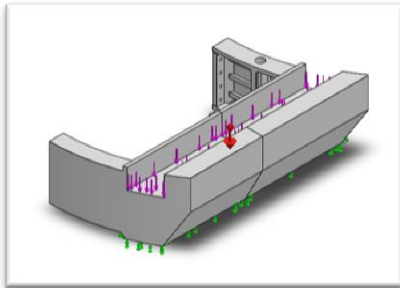
Tipo: VON: Tensión de Von Mises
 Min: 21.1876 N/m²
 Máx: 1.38769e+006 N/m²



Tipo: Desplazamiento resultante
 Máx: 0.0059 mm
 Factor de seguridad: 2.2

Simulación pieza modulo básico - Partición

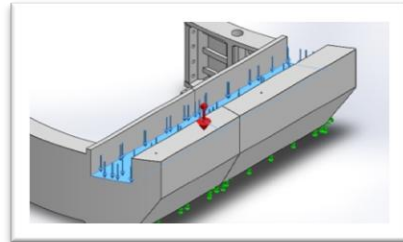
Unión de módulos A y B



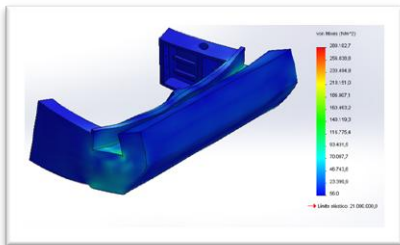
Propiedades módulo A
 Masa:0.219876 kg
 Volumen:0.000215565 m³
 Densidad:1020 kg/m³
 Peso:2.15479 N
 Tipo: Fuerza normal – Gravedad
 Valor: 40 N

Propiedades módulo B
 Masa:0.195216 kg
 Volumen:0.000191388 m³
 Densidad:1020 kg/m³
 Peso:1.91312 N

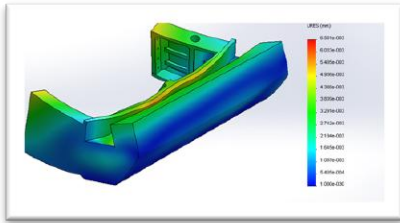
Nombre: ABS prototipado
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Límite elástico: 2.1e+007 N/m²
 Límite de tracción: 3e+007 N/m²
 Módulo elástico: 2e+009 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.394
 Densidad: 1020 kg/m³
 Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²



Detalle ubicación de la carga aplicada y fuerza de gravedad

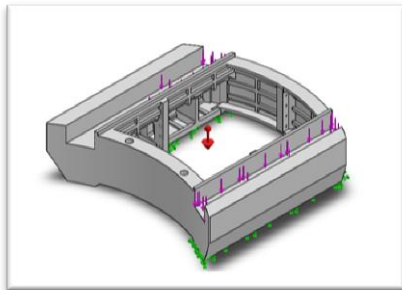


Tipo: VON: Tensión Von Mises
 Min: 55.9872 N/m²
 Máx: 280183 N/m²



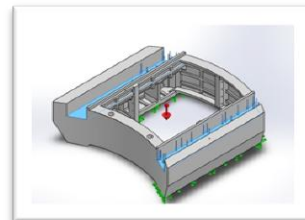
Tipo: Desplazamiento resultante
Máx: 0.00658 mm

Simulación pieza modulo básico – Material propuesto – Completo

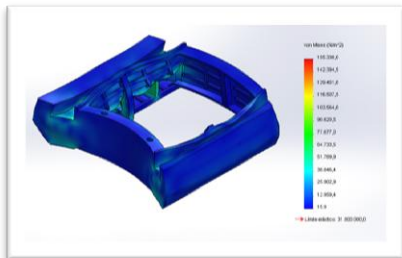


Masa: 1.36737 kg
Volumen: 0.000813912 m³
Densidad: 1680 kg/m³
Peso: 13.4002 N

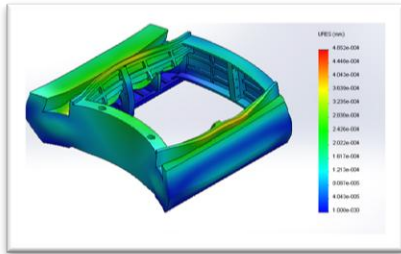
Nombre: Poliacido láctico
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Límite elástico: 3.1e+007 N/m²
Límite de tracción: 3e+007 N/m²
Módulo elástico: 1.38e+010 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.394
Densidad: 1680 kg/m³
Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²



Detalle ubicación de la carga aplicada y fuerza de gravedad



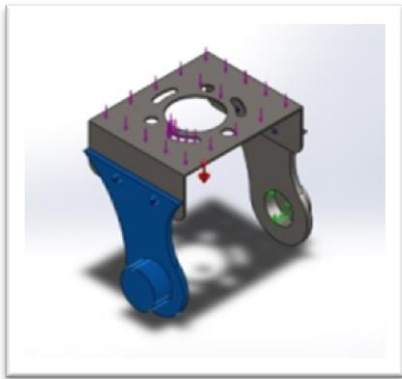
Tipo: VON: Tensión de Von Mises
Min: 15.922 N/m²
Máx: 155338 N/m²



Tipo: Desplazamiento resultante
Máx: 0.00048 mm

Simulación pieza soporte cámara domo posición horizontal

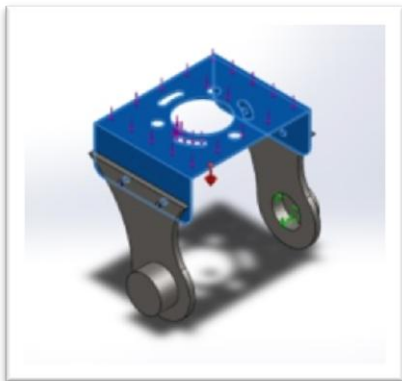
Soporte del brazo de posicionamiento del motor



Masa:0.293493 kg
Volumen:3.73877e-005 m³
Densidad:7850 kg/m³
Peso:2.87623 N
Tipo: Fuerza normal – Gravedad
Valor: 100 N

Nombre: ASTM A36 Acero
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Límite elástico: 2.5e+008 N/m²
Límite de tracción: 4e+008 N/m²
Módulo elástico: 2e+011 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.26
Densidad: 7850 kg/m³
Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²

Pieza de ensamble propuesto para el acople de la cámara domo



Masa:0.260894 kg
Volumen:3.32349e-005 m³
Densidad:7850 kg/m³
Peso:2.55676 N

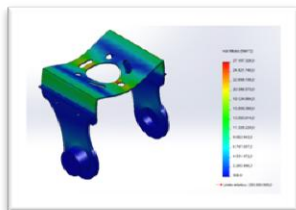
Nombre: ASTM A36 Acero
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Límite elástico: 2.5e+008 N/m²
Límite de tracción: 4e+008 N/m²
Módulo elástico: 2e+011 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.26
Densidad: 7850 kg/m³
Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²

Fuerza conectores

Conector 1	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-0.47492	0.47492
Fuerza cortante (N)	0.17963	1.1574	0	1.1713
Torsor (N·m)	-0	-0	5.073e-014	-5.073e-014
Momento flector (N·m)	-0.0020662	0.00040117	0	0.0021048
Conector 2	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-1.3882	1.3882
Fuerza cortante (N)	-0.32494	0.79855	0	0.86213
Torsor (N·m)	-0	-0	4.4712e-014	-4.471e-014
Momento flector (N·m)	-0.0014596	-0.000443	0	0.0015253

Simulación pieza soporte cámara domo posición horizontal

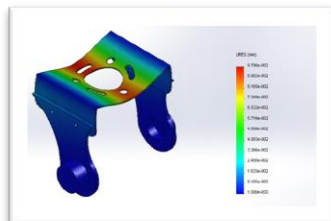
Conector 3	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	1.5596	1.5596
Fuerza cortante (N)	-0.45941	0.7652	0	0.89252
Torsor (N·m)	0	0	4.4518e-014	4.4518e-014
Momento flector (N·m)	0.0014599	0.00068022	0	0.0016106
Conector 4	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0.54278	0.54278
Fuerza cortante (N)	0.12421	1.2456	0	1.2518
Torsor (N·m)	0	0	5.0571e-014	5.0571e-014
Momento flector (N·m)	0.0022877	-0.00028536	0	0.0023054



Tipo: VON: Tensión Von Mises

Min: 300.83 N/m²

Máx: 2.71873e+007 N/m²



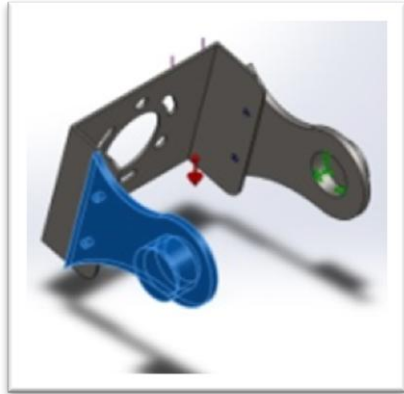
Tipo: Desplazamiento resultante

Máx: 0.0979 mm

Factor de seguridad: 9.2

Simulación pieza soporte cámara domo posición inclinación

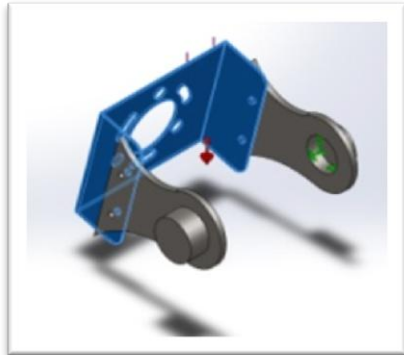
Soporte del brazo de posicionamiento del motor



Masa:0.293493 kg
 Volumen:3.73877e-005 m³
 Densidad:7850 kg/m³
 Peso:2.87623 N
 Tipo: Fuerza normal – Gravedad
 Valor: 100 N

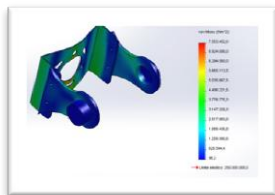
Nombre: **ASTM A36 Acero**
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Límite elástico: 2.5e+008 N/m²
 Límite de tracción: 4e+008 N/m²
 Módulo elástico: 2e+011 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.26
 Densidad: 7850 kg/m³
 Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²

Pieza de ensamble propuesto para el acople de la cámara domo

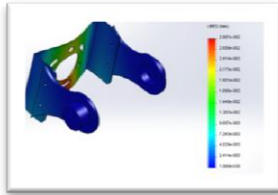


Masa:0.260894 kg
 Volumen:3.32349e-005 m³
 Densidad:7850 kg/m³
 Peso:2.55676 N

Nombre: **ASTM A36 Acero**
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Límite elástico: 2.5e+008 N/m²
 Límite de tracción: 4e+008 N/m²
 Módulo elástico: 2e+011 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.26
 Densidad: 7850 kg/m³
 Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²

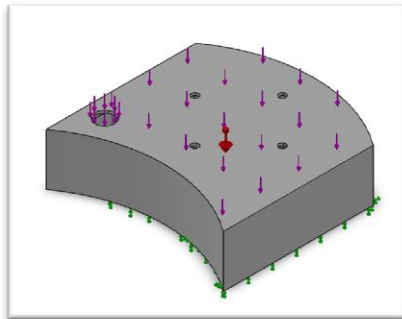


Tipo: VON: Tensión de Von Mises
 Min: 98.245 N/m²
 Máx: 7.55345e+006 N/m²



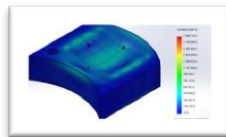
Tipo: Desplazamiento resultante
Máx: 0.0289 mm

Simulación pieza módulo motor

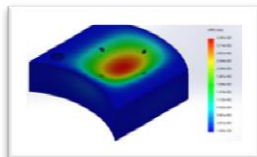


Masa: 1.3043 kg
Volumen: 0.000776366 m³
Densidad: 1680 kg/m³
Peso: 12.7821 N
Tipo: Fuerza normal – Gravedad
Valor: 100 N

Nombre: Poliláctico Láctico
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Límite elástico: 3.1e+007 N/m²
Límite de tracción: 3e+007 N/m²
Módulo elástico: 1.38e+010 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.394
Densidad: 1680 kg/m³
Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²

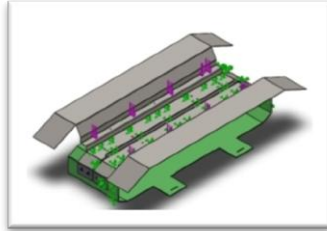


Tipo: VON: Tensión Von Mises
Min: 9.96314 N/m²
Máx: 1.89872e+006 N/m²



Tipo: Desplazamiento resultante
Máx: 0.0339 mm

Simulación pieza estructura base



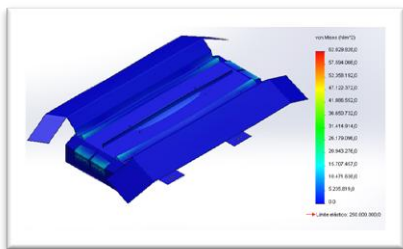
Nombre: ASTM A36 Acero
 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
 Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises
 Límite elástico: 2.5e+008 N/m²
 Límite de tracción: 4e+008 N/m²
 Módulo elástico: 2e+011 N/m²
 Coeficiente de Poisson: 0.26
 Densidad: 7850 kg/m³
 Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²

Fuerza conectores

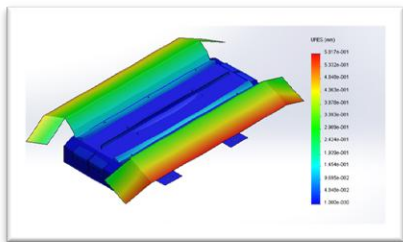
Conector 1	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	26.123	26.123
Fuerza cortante (N)	39.076	30.568	0	49.612
Torsor (N·m)	-0	-0	-9.513e-014	-9.513e-014
Momento flector (N·m)	0.34794	0.029339	0	0.34917
Conector 2	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	26.123	26.123
Fuerza cortante (N)	40.607	-71.238	0	49.612
Torsor (N·m)	-0	-0	-9.513e-014	-9.513e-014
Momento flector (N·m)	0.32074	-0.011888	0	0.34917
Conector 3	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	23.33	23.33
Fuerza cortante (N)	40.607	-71.238	0	81.999
Torsor (N·m)	-0	-0	-8.128e-014	-8.128e-014
Momento flector (N·m)	0.32074	-0.011888	0	0.32096
Conector 4	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	21.648	21.648
Fuerza cortante (N)	-40.383	-70.064	0	80.869
Torsor (N·m)	0	0	8.7457e-014	8.7457e-014
Momento flector (N·m)	0.29972	0.0084334	0	0.29984
Conector 5	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	25.939	25.939
Fuerza cortante (N)	-39.281	30.731	0	49.874
Torsor (N·m)	0	0	1.0097e-013	1.0097e-013
Momento flector (N·m)	0.34161	-0.032371	0	0.34314

Simulación pieza estructura base

Conector 6	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-25.779	25.779
Fuerza cortante (N)	-39.317	30.731	0	50.028
Torsor (N·m)	-0	0	1.0032e-013	-1.003e-013
Momento flector (N·m)	-0.33964	-0.032371	0	0.341
Conector 7	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-21.818	21.818
Fuerza cortante (N)	-40.454	-70.322	0	81.127
Torsor (N·m)	-0	-0	8.9519e-014	-8.951e-014
Momento flector (N·m)	-0.30098	-0.010375	0	0.30116
Conector 8	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-23.169	23.169
Fuerza cortante (N)	40.624	-71.27	0	82.035
Torsor (N·m)	0	0	-8.032e-014	8.0328e-014
Momento flector (N·m)	-0.31877	0.010623	0	0.31895
Conector 9	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	-26.274	26.274
Fuerza cortante (N)	39.127	30.67	0	49.715
Torsor (N·m)	0	0	-9.548e-014	9.5484e-014
Momento flector (N·m)	-0.34939	-0.030585	0	0.35073

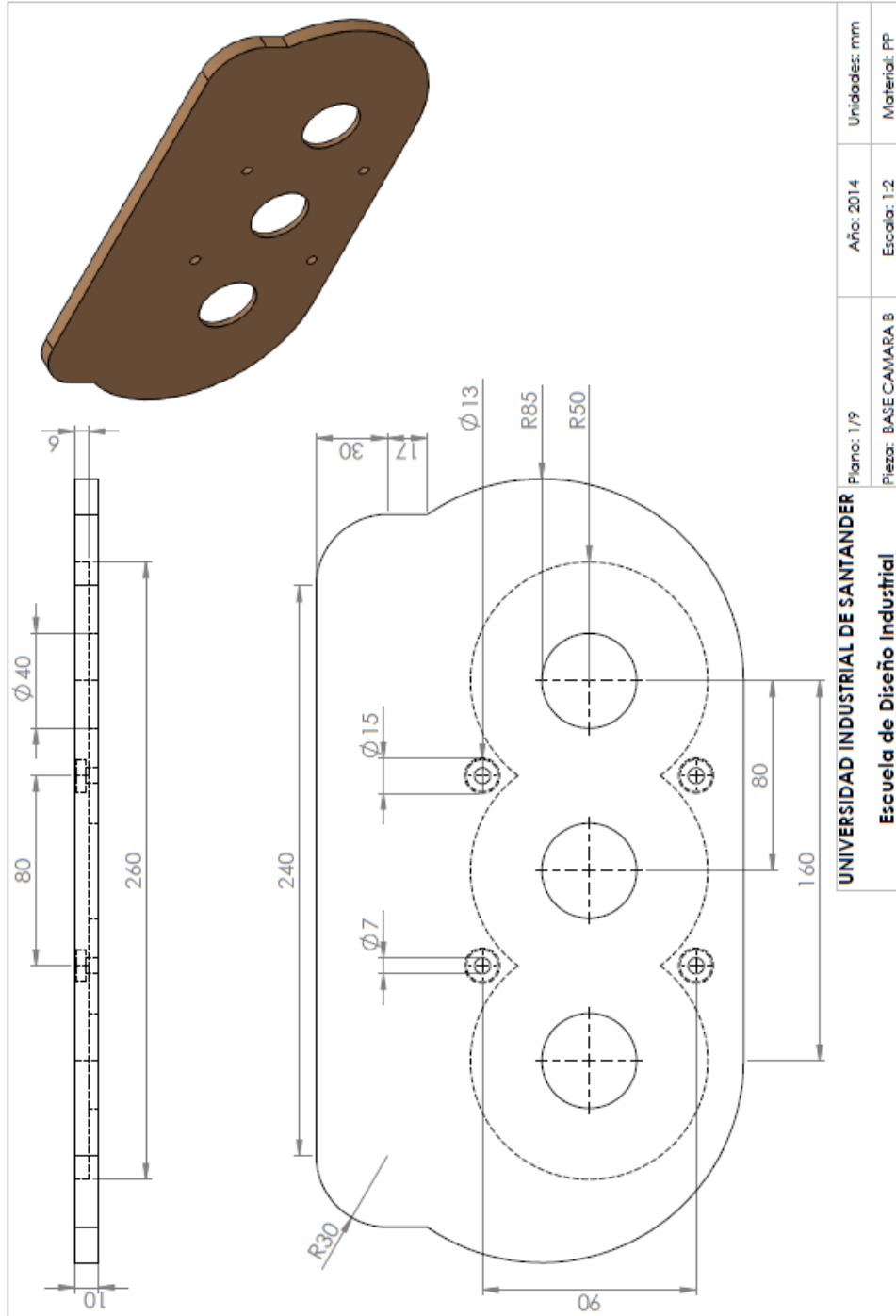


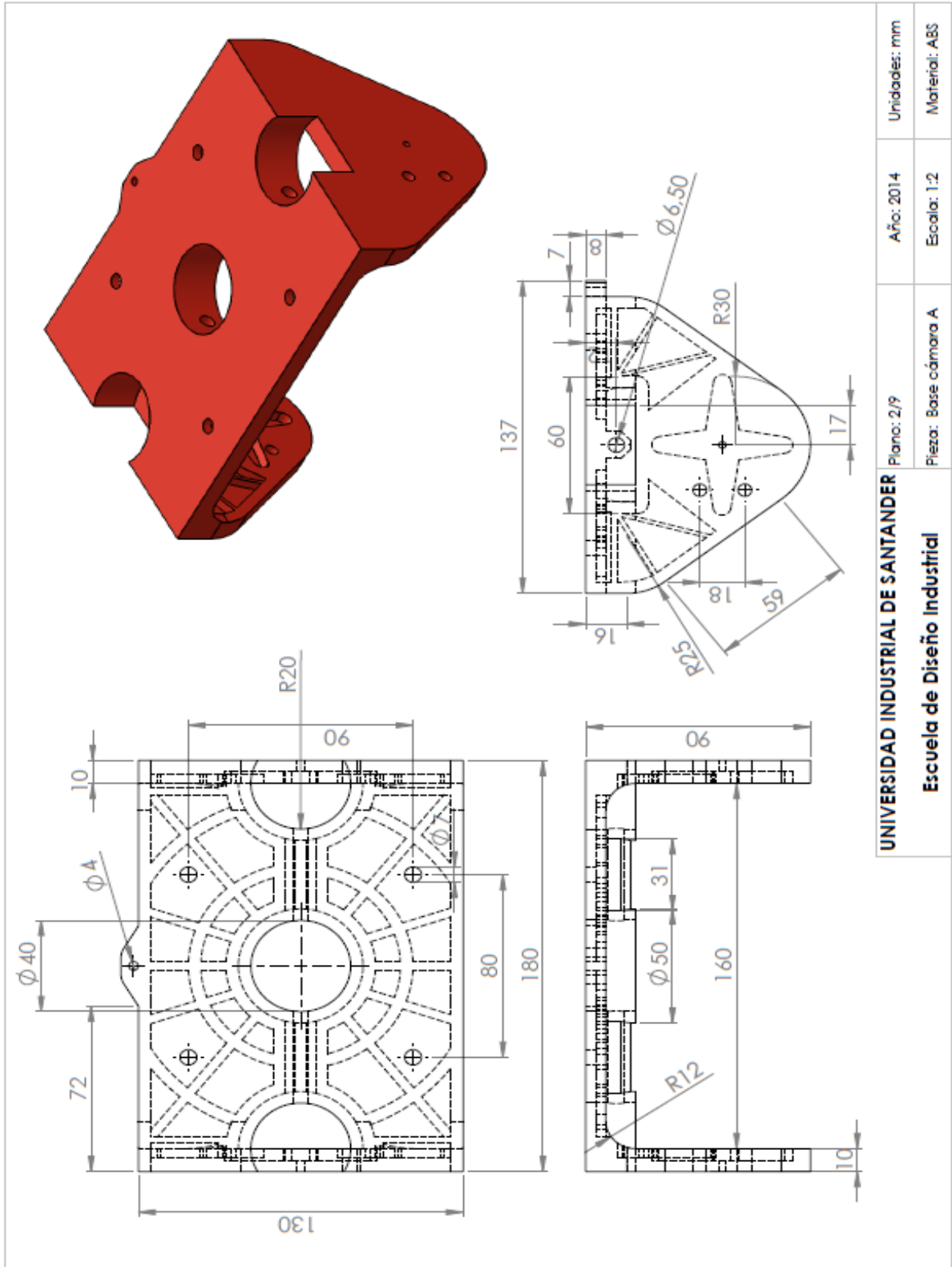
Tipo: VON: Tensión Von Mises
 Min: 0 N/m²
 Máx: 6.28298e+007 N/m²



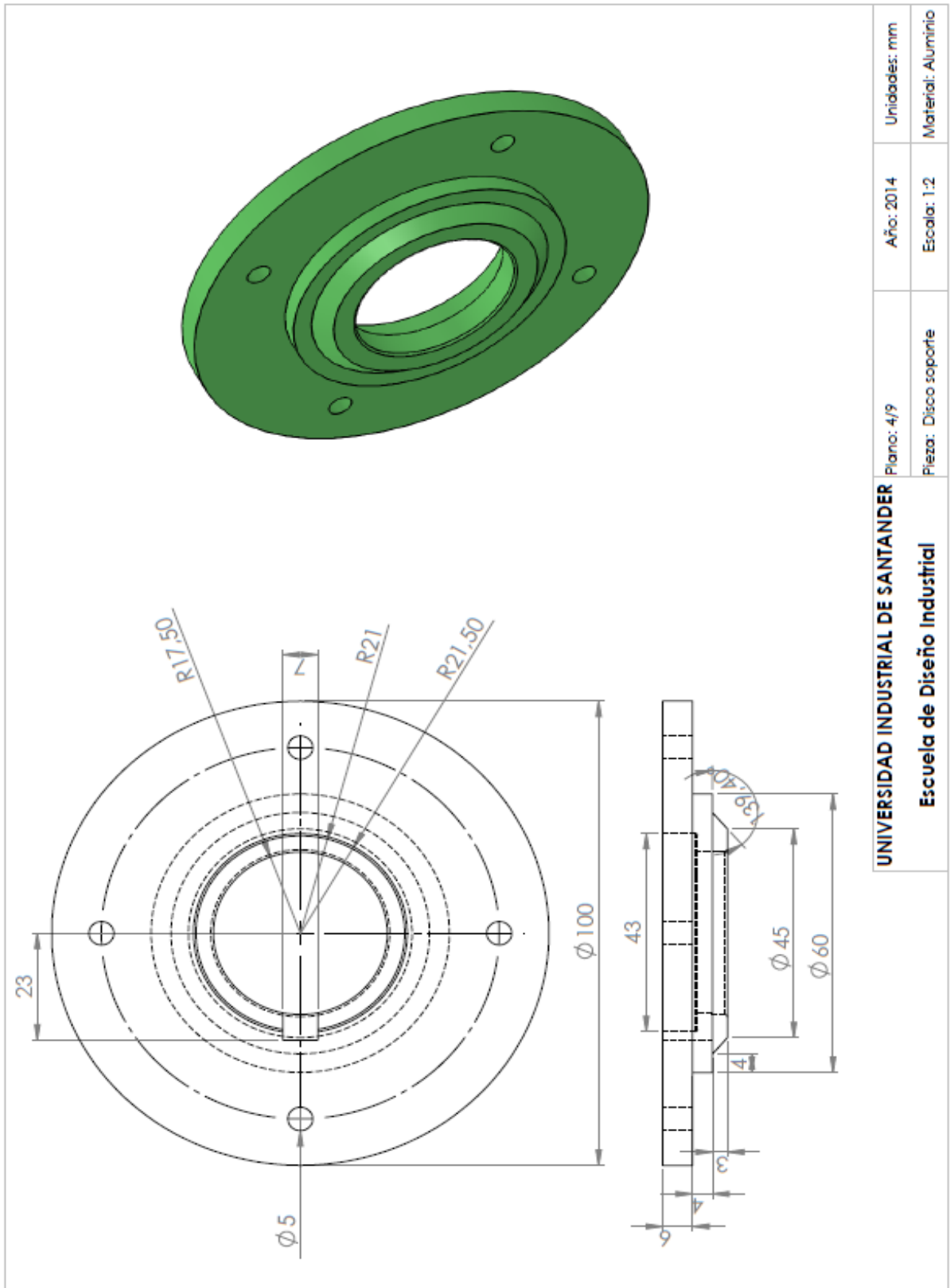
Tipo: Desplazamiento resultante
 Máx: 0.5817 mm

ANEXO I planos de construcción

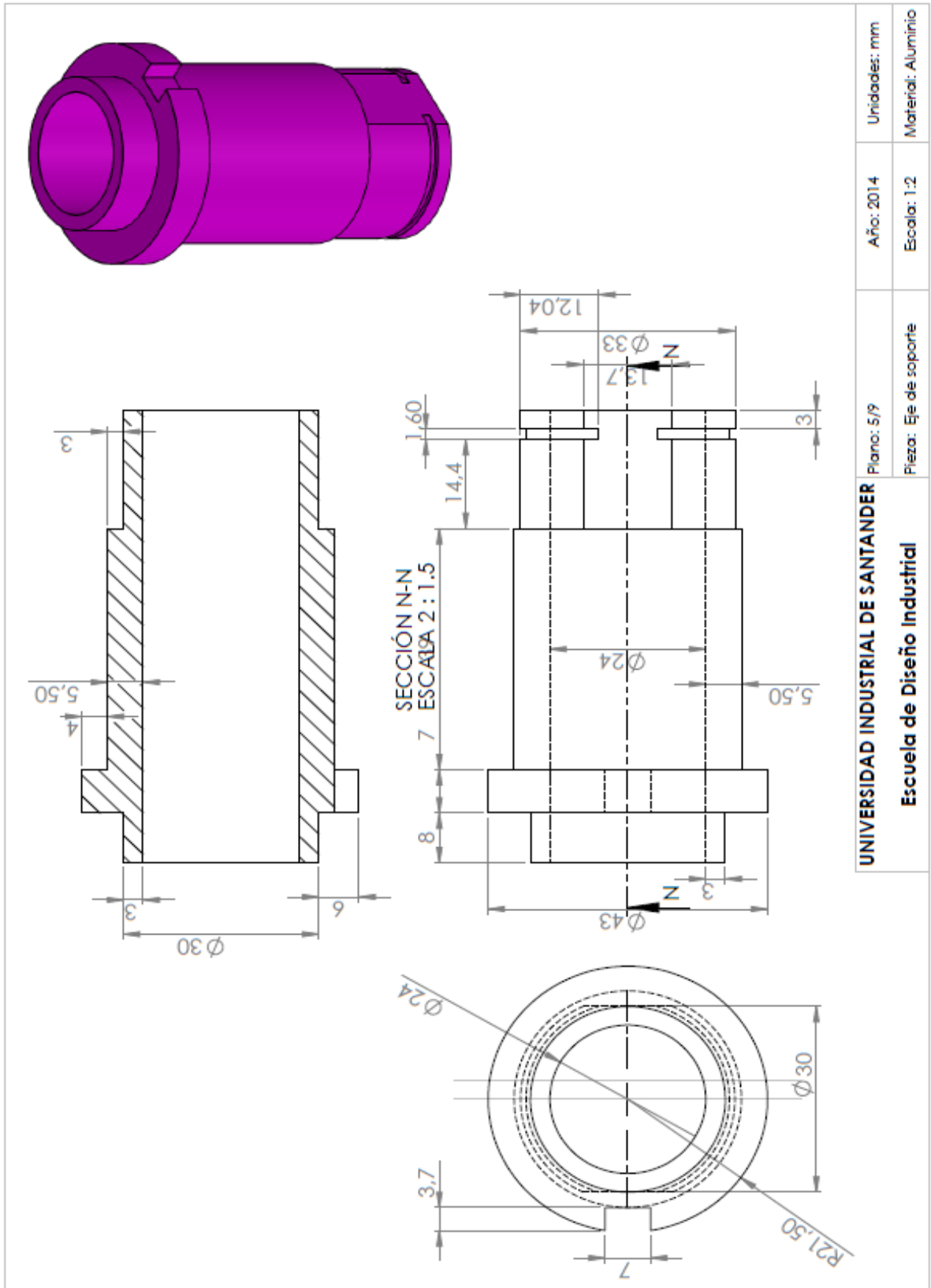




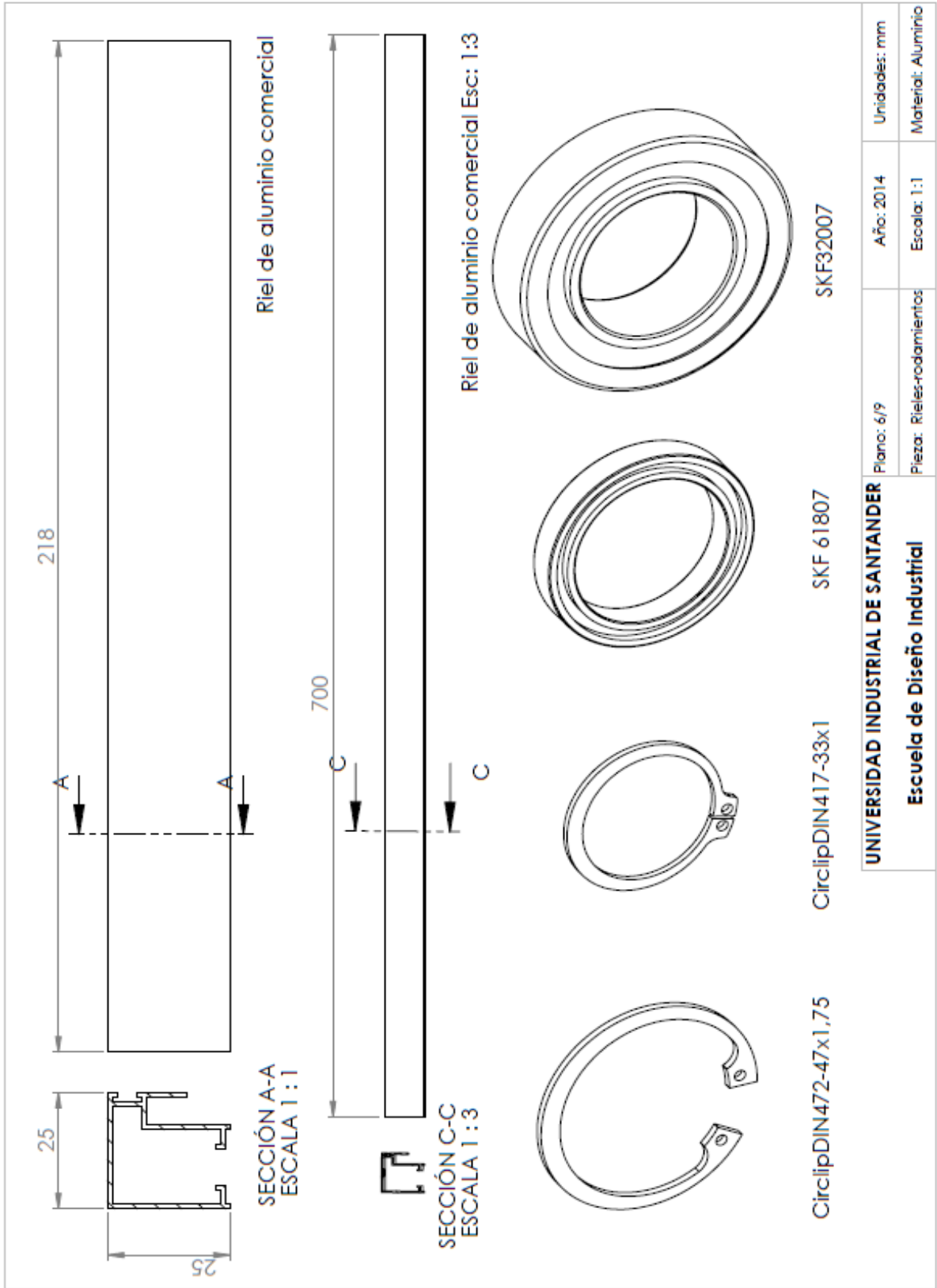
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Plano: 2/9	Año: 2014	Unidades: mm
Escuela de Diseño Industrial		Pieza: Base cámara A	Escala: 1:2	Material: ABS



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Escuela de Diseño Industrial	Plano: 4/9	Año: 2014	Unidades: mm
	Pieza: Disco soporte	Escala: 1:2	Material: Aluminio



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Piano: 5/9	Año: 2014	Unidades: mm
Escuela de Diseño Industrial		Pieza: Eje de soporte	Escala: 1:2	Material: Aluminio



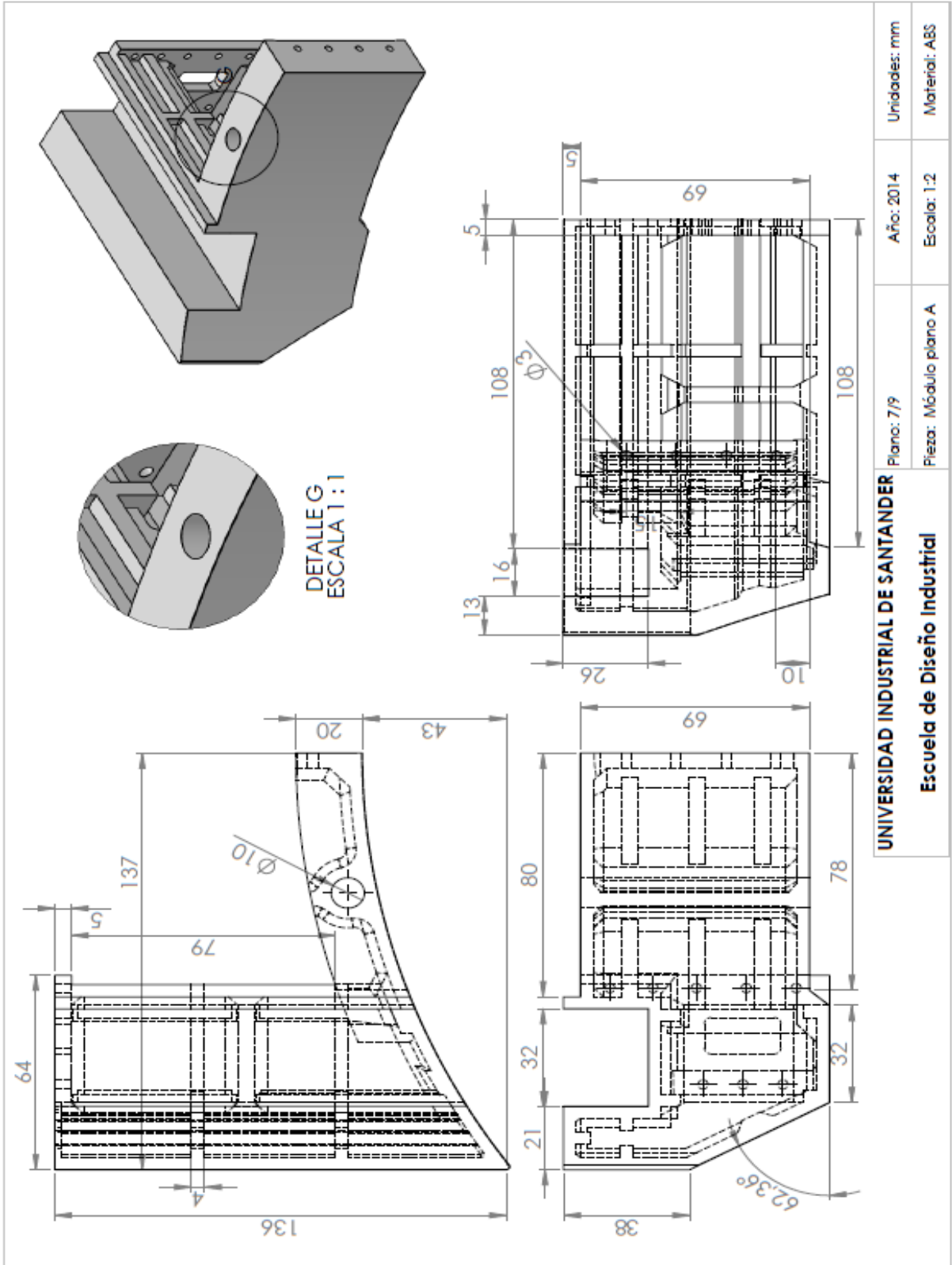
CirclipDIN472-47x1,75

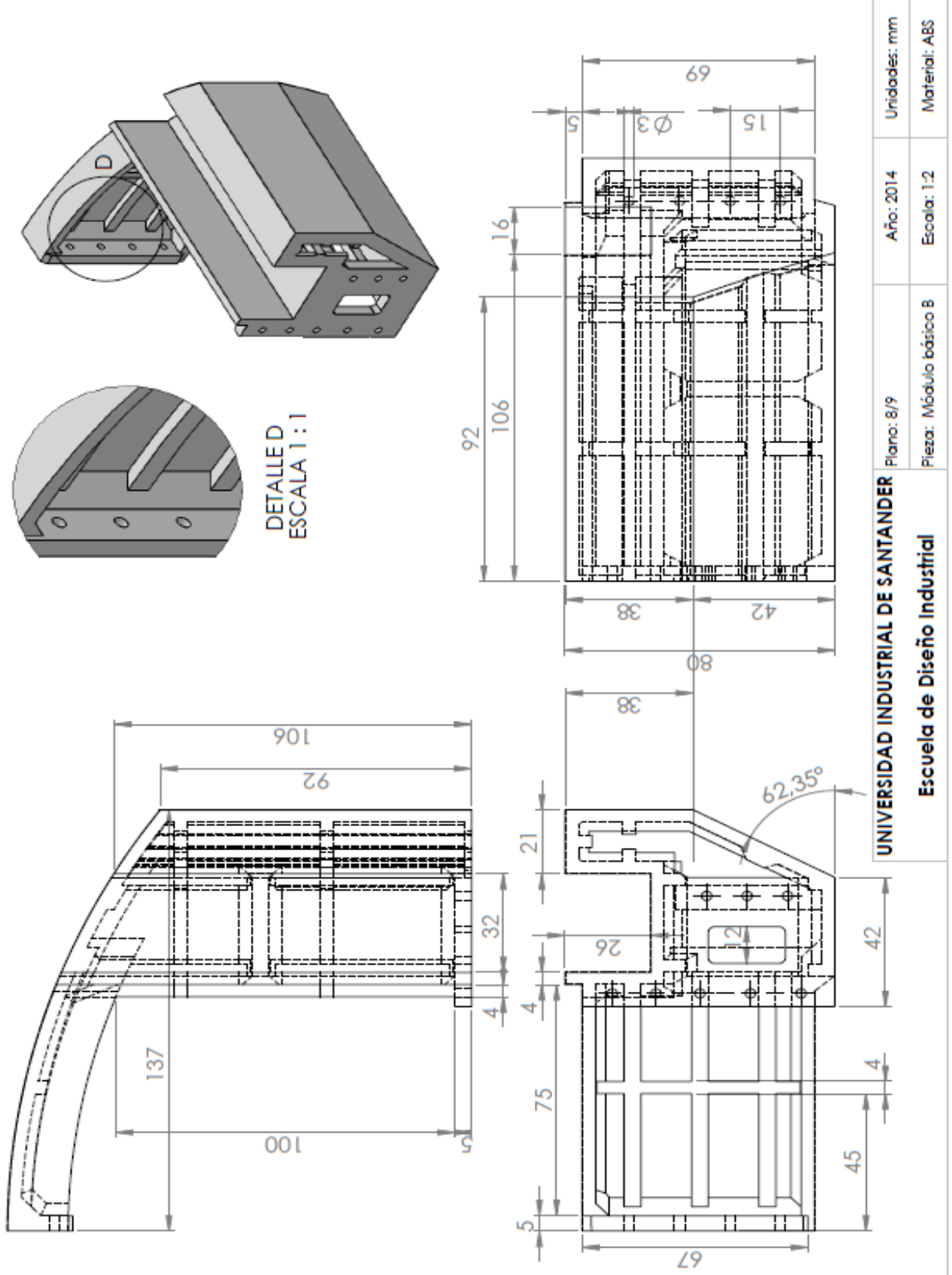
CirclipDIN417-33x1

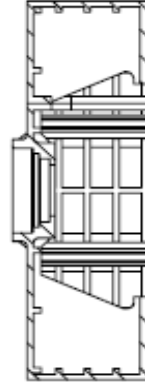
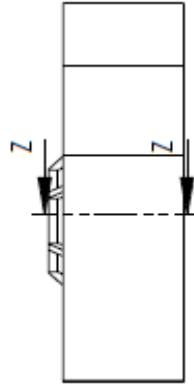
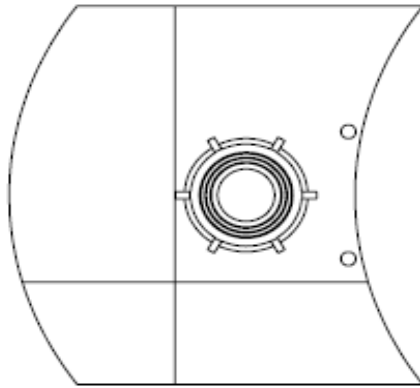
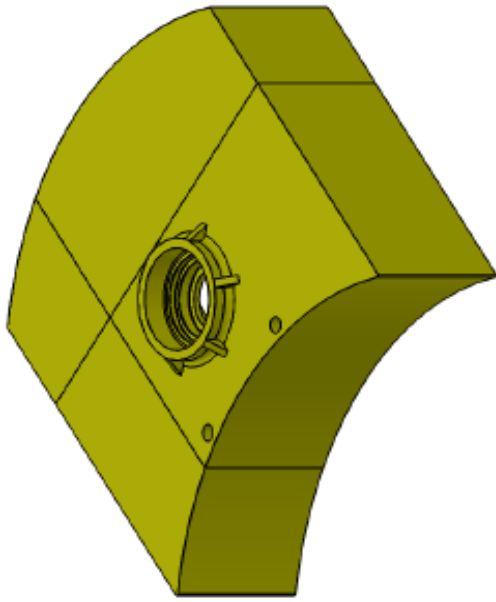
SKF 61807

SKF32007

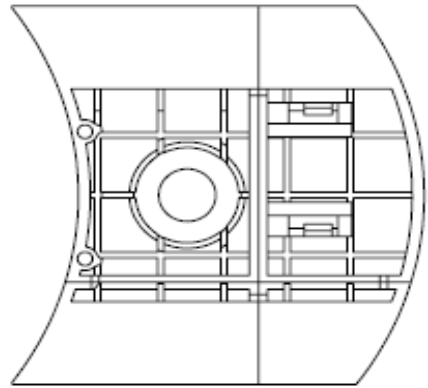
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Plano: 6/9	Año: 2014	Unidades: mm
Escuela de Diseño Industrial		Pieza: Rieles-rodamientos	Escala: 1:1	Material: Aluminio







SECCIÓN Z-Z
ESCALA 1 : 4:2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Plano: 9/9	Año: 2014	Unidades: mm
Escuela de Diseño Industrial		Pieza: Módulo plano	Escala: 1:2	Material: ABS