

SISTEMA INTELIGENTE SALVAVIDAS INTEGRADO EN CASCOS DE
MOTOCICLISTAS

ANDERSON CAMILO VILLARREAL VILLAMIZAR
KAREN YUBELY VALBUENA CÉSPEDES

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA
2021

SISTEMA INTELIGENTE SALVAVIDAS INTEGRADO EN CASCOS DE
MOTOCICLISTAS

ANDERSON CAMILO VILLARREAL VILLAMIZAR
KAREN YUBELY VALBUENA CÉSPEDES

Trabajo De Grado Para Optar El Título De Ingeniero Mecatrónico

Director
Camilo Enrique Moncada Guayazán

Codirectora:
Jessica Maradey Lazaro

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA
2021

AGRADECIMIENTOS

Se quiere agradecer a Tecnoparque nodo Bucaramanga por prestar sus instalaciones y asesorías.

A Pedro Valbuena, Jaime Villarreal, Nelly Céspedes, Martha Villamizar por su apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera.

A los docentes y trabajadores de la UNAB por las enseñanzas brindadas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. JUSTIFICACIÓN.....	19
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. OBJETIVO GENERAL	20
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
3. ESTADO DEL ARTE	21
4. MARCO COPCEPTUAL	25
4.1. CINEMATICA DEL TRAUMA.....	25
4.1.1. Primera ley de Newton	25
4.1.2. Segunda ley de Newton	25
4.1.3. Tercera ley de Newton	26
4.1.4. Ley de conservación de la energía.....	26
4.1.5. Energía cinética.....	26
4.2. GNSS.....	27
4.3. GPS	28
4.4. GSM.....	28

4.5.	GPRS.....	29
4.6.	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DE OPERADORES.....	30
5.	MEDOLOGIA DE DISEÑO	31
6.	IDENTIFICACION Y ANALISIS DEL PROYECTO	34
6.1.	DIAGRAMA DEL TORO	34
6.2.	DIAGRAMA DEL PULPO.....	35
6.2.1.	Funciones principales.....	35
6.2.2.	Funciones de restricción	36
6.3.	DIAGRAMA FAST	36
6.3.1.	FP1.....	37
6.3.2.	FP2.....	39
6.3.3.	FP3.....	40
6.3.4.	FP4.....	40
6.3.5.	FP5.....	40
7.	PROCESO DE FABRICACIÓN	42
8.	CONFIGURACIÓN DE PARAMETROS	44
8.1.	SISTEMA DE DETECCIÓN DEL ACCIDENTE	44
8.2.	SISTEMA DE UBICACIÓN	45

8.3.	SISTEMA DE ENVÍO DE MENSAJES.....	45
8.4.	SISTEMA COMPLETO.....	46
9.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	48
9.1.	SISTEMA EMBEBIDO.....	48
9.2.	SISTEMA GPS.....	50
9.3.	ANTENA GPS.....	51
9.4.	SISTEMA GSM/GPRS.....	52
9.5.	ANTENA GSM/GPRS.....	53
9.6.	SENSORES.....	54
9.7.	BATERÍAS.....	55
10.	DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASCO.....	56
11.	CONEXIÓN Y PRUEBAS INDIVIDUALES.....	66
11.1.	DETECCION DE ACCIDENTES – ACELEROMETRO.....	66
11.2.	UBICACIÓN Y RUTA DE MANEJO – SHIELD GPS.....	69
11.3.	ENVIO DE ALERTA MEDIANTE SMS – MODULO SIM800L.....	74
12.	CONSTRUCCIÓN.....	78
12.1.	PROTOTIPO DE CASCO – IMPRESIÓN 3D.....	78
12.2.	IMPLEMENTACION FINAL.....	78

13.	RESULTADOS Y ANALISIS	83
13.1.	DIFICULTADES DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	88
14.	PRESUPUESTO	89
	CONCLUSIONES	90
	RECOMENDACIONES.....	91
	TRABAJO FUTURO	92
	REFERENCIAS	93
	ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Locations of the sensor units	21
Figura 2. Final Prototype of our helmet (Internal and External View).....	22
Figura 3. Prototipos implementados en bicicleta y casco.	23
Figura 4. Casco Skully	23
Figura 5. Constelación de satélites alrededor del planeta	27
Figura 6. Triangulación de posición.	28
Figura 7. Arquitectura de la red GSM	29
Figura 8. Diagrama de una red GPRS	29
Figura 9. Asignación de segmentos de frecuencia para la prestación de Servicios Móviles Terrestres Banda 700 MHZ – Año 2020.	30
Figura 10. Diagrama en V del proyecto	31
Figura 11. Diagrama del toro	34
Figura 12. Diagrama del pulpo.....	35
Figura 13.1. Función principal 1.....	37
Figura 13.2. Función principal 1 – materiales de selección.	38
Figura 13.3. Función principal 1 – sensores.	38
Figura 13.4. Función principal 1 – sistema embebido e insumos.	39
Figura 14. Función principal 2.....	39
Figura 15. Función principal 3.....	40
Figura 16. Función principal 4.....	40
Figura 17. Función principal 5.....	41

Figura 18. Diagrama de flujo del sistema de detección del accidente	44
Figura 19. Diagrama de flujo del sistema de ubicación.....	45
Figura 20. Diagrama de flujo del sistema de envío de mensajes.....	46
Figura 21. Diagrama de flujo del sistema completo	47
Figura 22. Arduino UNO	48
Figura 23. Shield GPS	50
Figura 24. Antena GPS.....	51
Figura 25. Shield – SM5100B	52
Figura 26. Problemas en el registro	53
Figura 27. Modulo SIM800L.....	53
Figura 28. Antena GSM	54
Figura 29. Acelerómetro ADXL335	54
Figura 30. Baterías recargables Beston.....	55
Figura 31. Baterías recargables LiPo.....	55
Figura 32. Vista frontal del prototipo final.....	58
Figura 33. Vista posterior del prototipo final.....	59
Figura 34. Vista superior del prototipo final.....	59
Figura 35. Vista inferior del prototipo final.....	59
Figura 36. Vista lateral del prototipo final.....	60
Figura 37. Isométrica del prototipo.....	60
Figura 38. Impacto frontal	61
Figura 39. Impacto lateral	62
Figura 40. Deformación con un impacto frontal	63

Figura 41. Deformación lateral.....	63
Figura 42. Vista frontal estudio aerodinámico	64
Figura 43. Vista lateral estudio aerodinámico	65
Figura 44. Vista superior estudio aerodinámico	65
Figura 45. Calibración acelerómetro	66
Figura 46. Lectura de los ejes del acelerómetro	67
Figura 47. Conexión identificación de accidente.....	67
Figura 48. Posibles posiciones en el eje X	68
Figura 49. Posibles posiciones en el eje Y	68
Figura 50. Posible posición en el eje Z	68
Figura 51. Conexión final identificación de accidente	69
Figura 52. Ruta UNAB	69
Figura 53. Recorrido real del bus UNAB.....	70
Figura 54. Conexión final para toma de datos - ubicación	70
Figura 55. Resultados sentencias NEMA	71
Figura 56. Datos de interés de las sentencias NMEA.....	72
Figura 57. Resultados en mapa de datos de ubicación	72
Figura 58. Datos almacenados en tarjeta SD	73
Figura 59. Primera prueba de almacenamiento	73
Figura 60. Pruebas de ruta en el circuito cerrado	74
Figura 61. Conexión modulo SIMM800L.....	75
Figura 62. Respuesta ante códigos AT.....	75
Figura 63. Mensaje prueba 1 con códigos AT	76

Figura 64. Respuesta en el monitor serial para SMS.....	76
Figura 65. Resultado de envío de mensajes.....	77
Figura 66. Prototipo impreso.....	78
Figura 67. Conexión completa del sistema.....	79
Figura 68. Primera prueba sin conectar SD.....	79
Figura 69. Prueba conectando SD.....	80
Figura 70. SMS enviados en ambas pruebas.....	80
Figura 71. Datos de longitud y latitud del SMS.....	81
Figura 72. Casco comercial desarmado.....	81
Figura 73. Montaje del circuito.....	82
Figura 74. Identificación y señalización del circuito cerrado.....	83
Figura 75. Circuito implementado en el casco.....	83
Figura 76. Diagrama de conexión.....	84
Figura 77. Primer punto de accidente.....	84
Figura 78. Segundo punto de accidente.....	85
Figura 79. Tercer punto de accidente.....	85
Figura 80. Cuarto punto de accidente.....	86
Figura 81. Quinto punto de accidente.....	86
Figura 82. SMS enviados por el sistema durante las simulaciones.....	87
Figura 83. Ubicación de los puntos de simulación en el mapa.....	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes del GNSS.....	27
Tabla 2. Frecuencias o bandas compatibles en Colombia.....	30
Tabla 3. Lista de actividades.....	32
Tabla 4. Funciones principales	36
Tabla 5. Funciones de restricción.	36
Tabla 6. Proceso de fabricación de un casco	42
Tabla 7. Selección sistema embebido	49
Tabla 8. Selección sistema GPS.....	50
Tabla 9. Clasificación cascos comerciales según materiales.	56
Tabla 10. Clasificación cascos comerciales según tipo	57
Tabla 11. Presupuesto	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	95
ANEXO 2: METODOLOGÍAS DE DISEÑO.....	105
ANEXO 3: ANALISIS DE COSTOS GENERAL	112
ANEXO 4: PASOS ANTES DE USAR UN MODULO GSM/GPRS	113
ANEXO 5: PLANOS DEL PROTOTIPO.....	115
ANEXO 6: ESTUDIOS REALIZADOS AL PROTOTIPO	119
ANEXO 7. DOCUMENTOS DEL PRODUCTO	127

RESUMEN

El presente trabajo se refiere al diseño e implementación de un sistema inteligente para emisión de alertas en caso de que se sufra un accidente vial. El enfoque es para motociclistas y el circuito se implementará en un casco comercial como un sistema modular, se analizarán los componentes por separado y el sistema en conjunto deberá emitir un mensaje de texto a un contacto de emergencia informando del lugar en donde se generó el accidente y en donde posiblemente se encuentra la persona, así como una alerta sonora para llamar la atención de transeúntes y que se pueda presentar una identificación y apoyo temprano a la víctima.

PALABRAS CLAVE

Accidente, alarma, casco, emergencia, GPS, motociclista, SMS

ABSTRACT

This work refers to the design and implementation of an intelligent system for issuing alerts in the event of a road accident. The approach is for motorcyclists and the circuit will be implemented in a commercial helmet as a modular system, the components will be analyzed separately and the system as a whole will have to issue a text message to an emergency contact informing the place where the accident occurred. and where the person is possibly located, as well as an audible alert to draw the attention of passersby and that identification and early support can be presented to the victim

KEYWORDS

Accident, Alarm, Helmet, Emergency, GPS, Motorcyclist, SMS

INTRODUCCIÓN

El concepto de movilidad y transporte ha ido evolucionando con el paso del tiempo, el hombre dejó de moverse a pie para usar animales y posteriormente con la invención de la rueda se crearon diferentes medios de transporte, en donde hoy en día el más popular es la motocicleta y debido a los acontecimientos repentinos que sucedieron a nivel mundial, es decir la pandemia ocasionada por el COVID-19, la motocicleta se ha convertido en un medio de transporte idóneo porque mantiene el distanciamiento social evitando aglomeraciones y propagación del virus, además es eficiente y económico.

Según el RUNT, el parque automotriz en Colombia muestra que el 59% de los 16.042.336 vehículos registrados son motocicletas y el DANE informa que 1 de cada 7 colombianos poseen una motocicleta, a esto se suma la ANDI confirmando que el 98% de las motocicletas se emplean como vehículos de trabajo y transporte, pero existe un problema y es que las motocicletas varían en tamaños, marcas y también hay una evolución en las mismas, pero el medio de protección más usado y obligatorio para los motociclistas no varía mucho, este es el casco, sus diseños solo cambian en forma porque en el aspecto tecnológico no ofrecen mucho y aquellos cascos que tienen innovación tecnológica son costosos y los sistemas que ofrecen se centran en contestar llamadas o mostrar el recorrido GPS.

En muchos casos cuando ocurre un accidente el casco cumple su función de proteger la cabeza de la persona que lo usa, pero si la persona se encuentra inconsciente o herida de gravedad y no puede pedir ayuda porque está en una zona remota o poco transitada existe una gran probabilidad de que muera. Según el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias forenses en un estudio realizado en el año 2013 para un total de 3.116 casos de estudio el 44,28% de las muertes y el 50,62% de las lesiones se le atribuyen a la motocicleta.

Para un medio de transporte tan popular es necesario implementar un sistema que permita un rápido accionar de los equipos de emergencias como ambulancias que lleguen de forma rápida a la zona del accidente y puedan brindar ayuda oportuna, de esta forma se podría reducir los índices de mortalidad, y es tan simple como emitir una alerta desde el casco sin necesidad de hacer grandes modificaciones.

1. JUSTIFICACIÓN

En los accidentes de tránsito fatales que se presentan en Colombia un 54% corresponden a motociclistas como lo informo el ministerio de transporte para Julio del año 2020, en donde en el año 2019 se presentaron 6.634 personas fallecidas y 34.485 personas lesionadas, todas ellas en accidentes de motocicletas, esto lo dice el observatorio Nacional de Seguridad Vial. En un punto más concreto del país, tomando como escenario la ciudad de Bucaramanga, la directora de Tránsito Andrea Méndez, expresó para La Vanguardia que de los 1.436 accidente registrados entre enero y agosto del 2020 en 948 de estos se encontraba la participación de un motociclista. Muchos de estos accidentes son ocasionados por la imprudencia de algunos conductores que no acatan las leyes de tránsito, al exceder los límites de velocidad, no respetar las señalizaciones o semáforos, conducir por espacios no permitidos como zonas peatonales o manejar en contravía, pero existen casos en los que los accidentes se generan por fatiga del conductor o por deterioro y baja calidad de las vías.

Por los motivos anteriormente expuestos, es necesario tener un sistema de monitoreo y con emisión de alertas que permita a los motociclistas poder identificar y prevenir factores de riesgo como lo son el exceso de velocidad, la calidad de las vías, o la fatiga, en este aspecto se podría usar un medidor de velocidad que genere una alarma que le indique al conductor si está manejando muy rápido, o para conocer el estado de las vías se puede usar un sistema GPS que pueda indicar las condiciones de la ruta por donde se maneja, si el vehículo lleva mucho tiempo en movimiento emitir una alarma que le indique al conductor que es momento de descansar.

Para poder realizar parte del sistema que se describe y sobre todo centrarnos en la vida de la persona en caso de si ocurra un accidente se decide tomar como proyecto de grado el desarrollo de un sistema electrónico en los cascos para motociclistas que pueda generar alertas a contactos en caso de que se presente un siniestro vial, de esta manera se puede contribuir a la sociedad para reducir los índices de mortalidad. Para abarcar lo comentado anteriormente, se diseñará un prototipo propio de un casco comercial y el sistema electrónico del mismo, por cuestiones de presupuesto el prototipo del casco no llegara hasta un diseño físico, pero si se creara un sistema electrónico modular que pueda ser adaptado a los cascos ya existentes en el mercado, por lo que para validar la funcionalidad del sistema electrónico este se implementará en un casco comercial y se realizaran pruebas en un circuito cerrado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema inteligente integrado en casco para motociclistas con el fin de brindar apoyo a conductores en caso de accidentes enviando alarmas a contactos de emergencia.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer mediante una metodología de diseño los requerimientos, funciones y variables que necesita el sistema inteligente para el apoyo del conductor en caso de siniestro vial.
- Diseñar el sistema electrónico salvavidas en cuanto a componentes y funciones para integración con un casco de motocicleta comercial.
- Realizar el diseño CAD del prototipo del casco de motociclista considerando el sistema inteligente durante el proceso de diseño.
- Evaluar esfuerzos de impacto sobre el prototipo de casco mediante software CAD.
- Seleccionar los procesos de manufactura para la construcción del casco diseñado.
- Implementar el sistema electrónico en un casco comercial previamente seleccionado.
- Validar el sistema electrónico integrado al casco comercial mediante un circuito cerrado con ambiente controlado.

3. ESTADO DEL ARTE

Al momento de un accidente en el que esté implicado un vehículo motorizado, según el índice de accidentalidad la probabilidad de un siniestro mortal es mucho más alta que si fuera un automóvil debido a la misma arquitectura del vehículo, ya que, esta no ofrece mayor seguridad a los pasajeros, evidenciando la necesidad de fortalecer los sistemas preventivos y de seguridad que estos necesitan.

Una de las alternativas que se han presentado consiste en un método automatizado para la detección de accidentes automovilísticos en motocicletas, mediante la utilización de tres sensores ubicados en el casco, el dorso y la parte trasera de la motocicleta como se puede ver en la figura 1, con el fin de poder realizar una simulación de choque en diferentes circunstancias, después del choque el sistema muestra una alarma de emergencia y muestra la ubicación del conductor llegando a incluir cual fue la gravedad del choque, pero este estudio solo se basó en buscar un algoritmo de identificación de choques para una pista de motocross evaluando el modelo de conducción, este algoritmo no podría ser aplicado a las pistas de conducción normal [1].

Figura 1. Locations of the sensor units

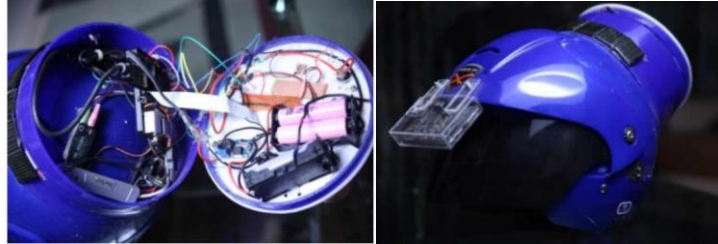


Fuente: Parviainen, Collin, Pihlström, Takala, Hanski & Lumiaho, (2014). Automatic Crash Detection for Motor Cycles.

No hay un sistema que se englobe solo en el casco sin la necesidad de que el conductor o en su defecto el parrillero o acompañante deban tener sensores en su torso o en alguna otra parte de su cuerpo. Los cascos inteligentes que están en el mercado o proyectos relacionados se enfocan en ciclistas y trabajadores industriales, en la mayoría de prototipos que se han desarrollado se implementan paneles solares para la carga de las baterías que alimentan el circuito, así como una cámara que identifica posibles peligros en la zona de no visión del trabajador

como lo es atrás de él, lo más interesante de este tipo de prototipos es que emite alarmas diferentes dependiendo de la intensidad del golpe, en donde, por medio de mecanismos de detección de fuerza logra analizar la magnitud del golpe, en caso que se presente, por tanto se genera un mensaje de emergencia si es grave y si es leve se produce una alerta diferente, además cuenta con una conexión inalámbrica para poder recibir llamadas telefónicas [2].

Figura 2. Final Prototype of our helmet (Internal and External View).



Fuente: Ahmed, Uddin & Afan, (2020). Intelligent Gadget for Accident Prevention: Smart Helmet.

Como se puede ver en la Figura 2, el prototipo no es muy aerodinámico, lo cual no es de interés del su objetivo final porque el medio de trabajo no lo requiere, y se puede evidenciar que el mando central del prototipo se encuentra expuesto, en este caso en específico es un Arduino en la parte delantera del casco, ante un fuerte impacto se corre el riesgo de daños y que el casco se quede sin funcionamiento alguno.

Un sistema más estético se atribuye a un proyecto enfocado a ciclistas, en donde el prototipo utiliza una radiobaliza para identificar la ubicación del conductor al momento del accidente, este prototipo implementa conexión entre el casco y el vehículo, que sería la bicicleta. Este arquetipo maneja almacenamiento de datos en la nube con el fin de llevar un seguimiento de las rutas de conducción de la persona antes del incidente.

Como ya se había mencionado el prototipo se divide en dos partes físicas, una ubicada en el casco del ciclista y la otra en la bicicleta, en la primera consta de una placa electrónica circular protegida por una carcasa impresa en 3D y en la segunda se encuentra el sistema embebido también protegido por una carcasa en 3D, para poder hacer un complemento de comunicación se cuenta con una aplicación móvil en donde se pueden identificar ítems como el porcentaje de carga de la batería del teléfono celular, el nombre del conductor, fecha y hora de ultima conexión y la ubicación GPS. Los prototipos físicos son estéticamente aceptables, no afectan la aerodinámica del vehículo ni la maniobrabilidad del mismo [3].

Figura 3. Prototipos implementados en bicicleta y casco.



Fuente: Moscoso & Romero, (2020). Desarrollo de un prototipo de radiobaliza para ciclistas, integrado en la bicicleta y el casco, con la capacidad de detección de impactos en la cabeza y emisión de alertas.

Un sistema actual enfocado a los motociclistas y que ya se encuentra como un producto comercial es el Skully, el cual es un casco que integra un sistema operativo manejando herramientas como la geolocalización por medio del GPS para ubicar a personas que se encuentran perdidas o con una avería en su vehículo, de la misma manera tiene conexión a dispositivos Smartphone teniendo acceso a asistentes virtuales como Siri u OK GOOGLE para complementar funciones de indicaciones de ubicación o reproducción de música, al igual que los automóviles cuenta con la opción de espejo retrovisor mediante un pequeño video beam integrado en el casco, este proyecta lo que ocurre a espaldas del conductor brindando un campo de visión más amplio, además otorga un estilo elegante pero moderno. [4].

Figura 4. Casco Skully



Fuente: B. Sterwart, (2014). Coming This Fall: The Augmented Reality Motorcycle Helmet. <https://www.popularmechanics.com/cars/motorcycles/a10620/coming-this-fall-the-augmented-reality-motorcycle-helmet-16836594/>

Dentro de un concepto estudiantil se consultó el proyecto realizado en la UNAB titulado diseño e implementación de un sistema electrónico de monitoreo de crecientes en los cauces de los ríos [5] en donde se utiliza comunicación GSM/GPRS y se usa un módulo GPS para su comunicación, aun así, se utilizó solo para temas de conceptos porque la implementación varía en gran medida por la diferencia de los componentes usados.

4. MARCO COPCEPTUAL

Se hace la aclaración de que en este proyecto no se maneja un marco teórico debido a que no se está aplicando una teoría concreta porque el punto de interés es lo que ocurre después de que se presenta el accidente, por ello se maneja un marco conceptual porque si se deben tener en cuenta los conceptos que se muestran a continuación, con el fin de entender lo que sucede durante el accidente y la importancia de prestar ayuda oportuna.

En el presente proyecto se tuvo en cuenta el concepto de cinemática del trauma para comprender la gravedad de las lesiones que sufre una persona al tener un accidente, en este aspecto intervienen algunos principios como las leyes de Newton, la ley de conservación de la energía y la energía cinética, para este proyecto se enuncian los principios, se tiene claro como influyen en el accidente, pero no se aplican en términos de ecuaciones o intervenciones, debido a que el objetivo del proyecto se efectúa después de que ocurrió el choque y no durante el suceso.

4.1. CINEMATICA DEL TRAUMA

Estudia lo que podría suceder cuando dos objetos tratan de ocupar el mismo lugar en el espacio de forma simultánea y se asume que uno de estos objetos es el cuerpo humano, por lo que se genera un intercambio de energía que ocasiona diferentes tipos de lesiones en el organismo. [6]. En esta influyen principios físicos como las leyes de Newton y dinámicos como la conservación de la energía.

4.1.1. Primera ley de Newton

También conocida como la ley de inercia en donde se enuncia que “Todo objeto se encuentra en su estado de reposo o velocidad uniforme (constante) en una línea recta, en tanto no actúe sobre él una fuerza neta” [7]

$$\sum F = 0 \text{ Ec(1)}$$

4.1.2. Segunda ley de Newton

Es el principio fundamental de la dinámica en donde se enuncia que “La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, y es

inversamente proporcional a su masa. La dirección de la aceleración es la dirección de la fuerza neta que actúa sobre el objeto” [7].

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad Ec(2)$$

4.1.3. Tercera ley de Newton

Es el principio de acción – reacción en donde se enuncia que “Siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, este ejerce una fuerza igual en dirección opuesta sobre el primero” [7].

$$\vec{F}_{A-B} = \vec{F}_{B-A} \quad Ec(3)$$

4.1.4. Ley de conservación de la energía

Es uno de los principios más importantes de la física y se considera el primer principio de la termodinámica en donde se enuncia “En cualquier proceso, la energía total no aumenta ni disminuye. La energía se puede transformar de una forma a otra, y transferir de un objeto a otro, pero la cantidad total permanece constante” [7].

4.1.5. Energía cinética

También se denomina energía del movimiento debido a que la energía cinética (EC) de un cuerpo u objeto es aquella que posee debido a su movimiento relativo [7]

$$EC = \frac{1}{2}mv^2 \quad Ec(4)$$

Conceptos más afines con el objetivo del proyecto son los que encuentran a continuación. En donde los sistemas de comunicación que se muestran son los que se escogieron para el proyecto y solo se mencionan brevemente, si se desea profundizar más consultar el **ANEXO 1**

4.2. GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) es un sistema de posicionamiento conformado por constelaciones de satélites que están ubicados en distintos planos orbitales en donde se puede tener entre 20 a 30 satélites y de 3 a 6 planos orbitales [8].

Figura 5. Constelación de satélites alrededor del planeta



Fuente: Moscoso & Romero, (2020). Desarrollo de un prototipo de radiobaliza para ciclistas, integrado en la bicicleta y el casco, con la capacidad de detección de impactos en la cabeza y emisión de alertas.

Dentro del concepto GNSS se estandarizan los Sistemas de Navegación por Satélite que proporcionan un posicionamiento con cobertura global, los más usados son GPS y GLONASS [9].

Tabla 1. Componentes del GNSS

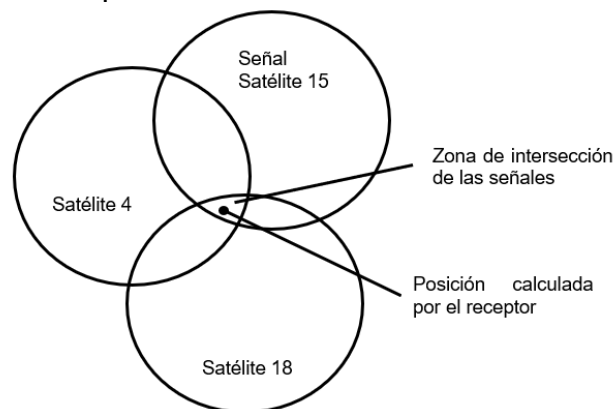
Segmento espacial	Satélites o sistemas GPS, GLONASS, COMPAS, GALILEO, QZS...
Segmento terrestre	Antenas GNSS y receptores multifrecuencias
Datos o aplicaciones	Determinar marcos de referencia Determinación de orbitas precisas Orientación y rotación de la tierra Productos Troposfera e Ionosfera Sistema de cobertura mundial

Fuente: J. Berné, A. Anquela & N. Garrido, (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática.

4.3. GPS

El Sistema de Posición Global (GPS) utiliza señales satelitales para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, mediante el uso de 24 satélites que se encuentran en 6 orbitas, en cada una de ellas se encuentran al menos 4 satélites con separaciones de 90° . Se necesitan como mínimo 3 satélites de la constelación para hacer una triangulación de la se señales y obtener con mayor exactitud la posición. Cabe aclarar que la triangulación de estos 3 satélites es para navegación bidimensional, si se desea tener una navegación tridimensional incluyendo el dato de altitud se necesitan como mínimo 4 satélites [10].

Figura 6. Triangulación de posición.

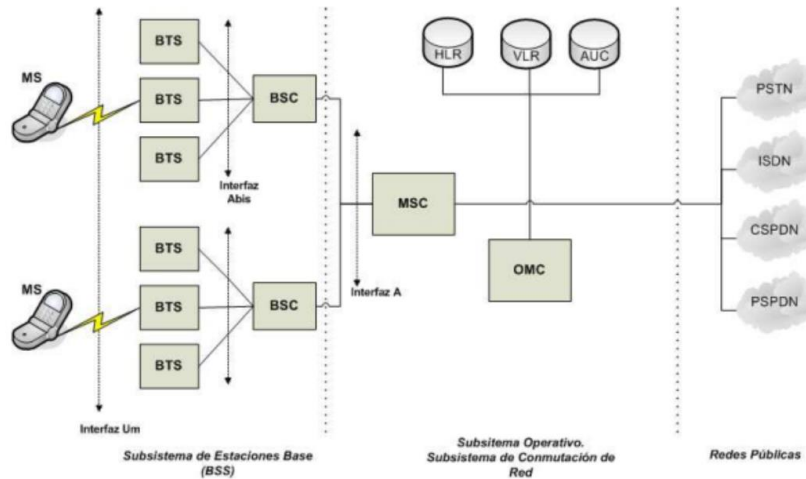


Fuente: J. Alambiaga, (2017). Adquisición y procesado de información de posicionamiento GPS mediante dispositivo inalámbrico basado en Arduino.

4.4. GSM

Global System Mobile (GSM) es una red que utiliza transmisión móvil de voz y datos, en donde ofrece cobertura en lugares que no cuentan con ningún tipo de telefonía GPRS, este sistema inalámbrico usa tecnología digital y ofrece la transmisión de gran cantidad de datos a buena velocidad. La red GSM se divide en un sistema de conmutación, un sistema de estaciones base, por último, un sistema de operación y mantenimiento [11]

Figura 7. Arquitectura de la red GSM

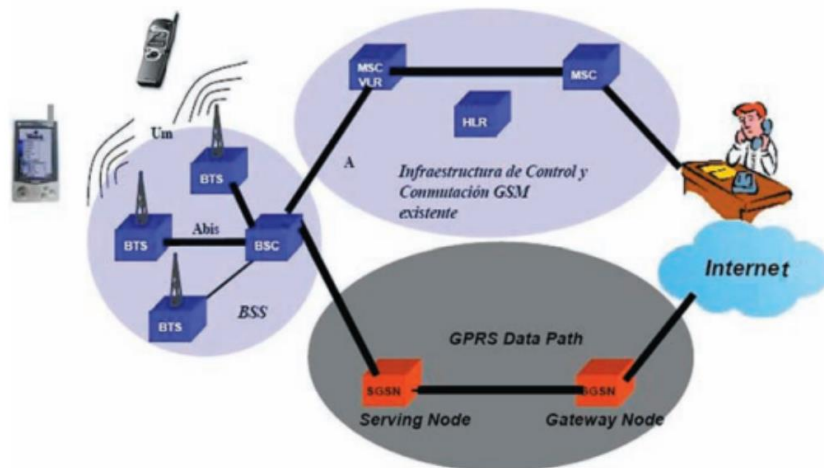


Fuente: Y. Bedoya, C. Salazar & J. Muñoz, (2013). Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS.

4.5. GPRS

General Packet Radio Service (GPRS) es una tecnología inalámbrica que comparte el rango de frecuencia de las redes GSM, utiliza una transmisión de datos por medio de paquetes que es más adecuado que la conmutación de circuitos que se usaba al transmitir datos en GSM [12].

Figura 8. Diagrama de una red GPRS

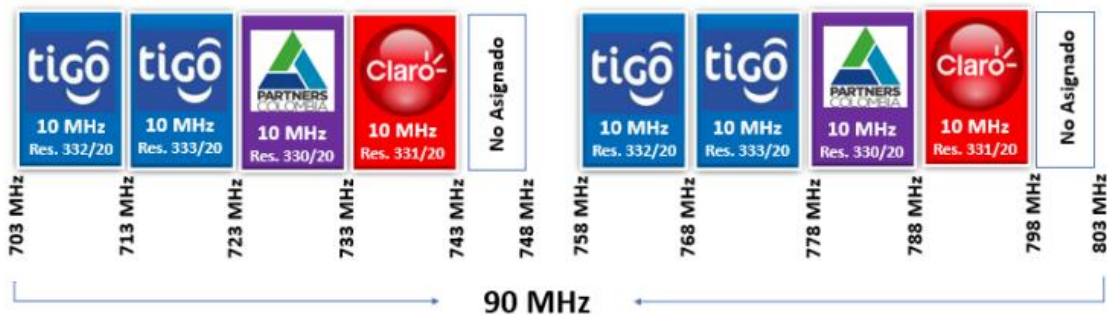


Fuente: C. Vilorio, J. Cardona & C. Lozano, (2009), Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina.

4.6. FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DE OPERADORES

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) implemento el Sistema Nacional de Monitoreo (SNM) en el 2020 y se encuentra conformado por 26 estaciones de monitoreo distribuidas en 21 ciudades de Colombia. Los datos presentados se desarrollaron en el transcurso de los meses de febrero, abril, junio y agosto 2020, en periodos de 24 horas [13]

Figura 9. Asignación de segmentos de frecuencia para la prestación de Servicios Móviles Terrestres Banda 700 MHz – Año 2020.



Fuente: AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO. REPUBLICA DE COLOMBIA, (2020), TENDENCIAS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO BANDA 700 MHz

Teniendo en cuenta que en Colombia los operadores están trabajando bajo la tecnología 3G y 4G LTE se obtienen los siguientes rangos de operación en esos términos de operación [14].

Tabla 2. Frecuencias o bandas compatibles en Colombia

OPERADOR	FRECUENCIA 3G	FRECUENCIA 4G LTE
CLARO	850 MHz, 1900 MHz	B7/2600 MHz
TIGO	1900 MHz	1700/2100 MHz, AWS-1
MOVISTAR	850 MHz	1900 MHz, 1700/2100 MHz, AWS-1
AVANTEL	850 MHz	1700/2100 MHz, AWS-1
ETB	1900 MHz	1700/2100 MHz, AWS-1
ÉXITO	1900 MHz	B7/2600 MHz, 1700/2100 MHz, AWS-1
VIRGIN MOBILE	850 MHz	1700/2100 MHz, AWS-1

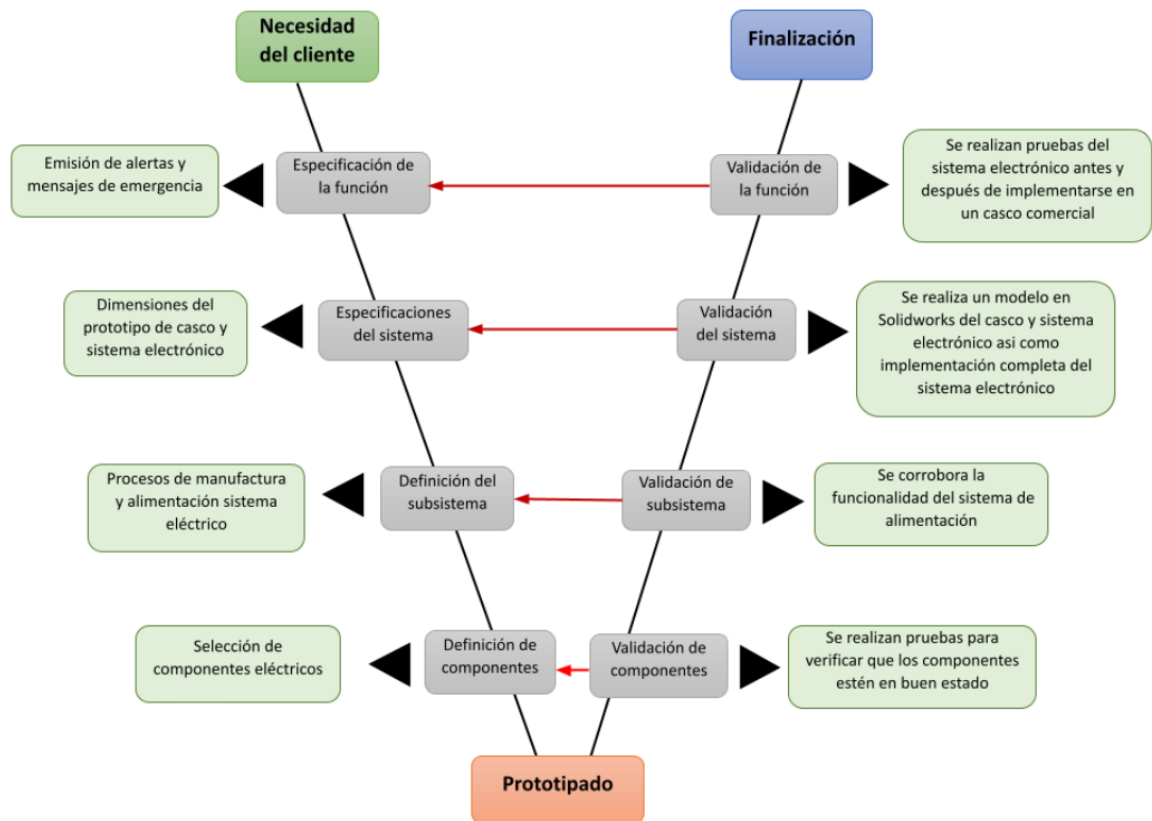
Fuente: J. Restrepo, (2020), Frecuencias operadores móviles en Colombia 2020, Tomado de: Social Tecno

5. MEDOLOGIA DE DISEÑO

En el caso de este proyecto se hizo una investigación de las metodologías utilizadas en los procesos de ingeniería y se seleccionó la metodología en V, que es la que se encuentra en el documento, si desea indagar más sobre las metodologías utilizadas en los procesos de ingeniería consulte el **ANEXO 2**.

Se escogió esta metodología porque se usa con frecuencia en diseño Mecatrónico al tener un proyecto que desarrolla un producto, esta metodología permite una corroboración de cada etapa del proyecto.

Figura 10. Diagrama en V del proyecto



Fuente: Autores

Como se puede ver cada escalón de la metodología tiene su respectiva retroalimentación lo que permite un análisis constante del funcionamiento y una corroboración del prototipo. Para complementar el diagrama se realizó una lista de actividades y su descripción, estas actividades influyen en el desarrollo del proyecto.

Tabla 3. Lista de actividades

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Seleccionar variables que intervienen en el proceso.	Es necesario tener una lista de posibles variables para identificar el funcionamiento del prototipo.
2	Seleccionar funciones primarias y secundarias de las variables.	Se debe hacer una jerarquización de las variables dependiendo de las funciones que desempeñan en el funcionamiento del prototipo.
3	Consultar sobre los circuitos de proyectos anteriores.	Se obtiene una base de trabajo para poder diseñar un circuito propio al conocer circuitos que desempeñan funciones similares.
4	Seleccionar proceso de comunicación entre el casco y contacto de emergencia.	Se sabe que debe ser una comunicación inalámbrica, pero se debe seleccionar una que sea útil para el proyecto.
5	Realizar cálculos de selección de los componentes electrónicos.	Estos cálculos son para tener en cuenta los requerimientos de funcionamiento de los componentes y de la misma manera ir descartando componentes electrónicos.
6	Diseñar el circuito eléctrico del sistema inteligente.	Es el cuerpo del proyecto, puede haber uno o más diseños dependiendo de los componentes seleccionados.
7	Adquirir los componentes electrónicos del sistema	Es la compra o adquisición física de los componentes seleccionados.
8	Consultar Norma Técnica Colombiana para diseños de casco.	Se busca información sobre la reglamentación de los cascos para motocicletas y las características necesarias para ser aprobados.
9	Realizar comparativa de cascos comerciales para tener una base de diseño.	Se hace una comparación de los modelos de cascos de motociclistas que hay en el mercado para obtener similitudes y una base para un diseño propio.
10	Construir sistema electrónico.	Es la representación física del diseño realizado.
11	Realizar diseño de casco en sistema CAD.	Se utiliza un programa de diseño para hacer el bosquejo o prototipo computarizado del casco.
12	Realizar estudio aerodinámico mediante software CAD.	Este estudio es para comprobar que el diseño del casco no crea ningún tipo de interferencia en el flujo de aire.
13	Realizar estudio estático y dinámico en software CAD.	Este estudio es para verificar las posibles deformaciones y la fuerza máxima que puede soportar el casco.

14	Contactar empresas fabricantes para conocer proceso de fabricación.	Esto es con el fin de conocer los costos de producción y los procesos de manufactura más empleados o que se tengan en común.
15	Elegir procesos realizables en Santander.	Esto es con el fin de saber si hay empresas en Santander que realicen dichos procesos de manufactura en cascos.
16	Adquirir casco comercial.	Comprar un casco que ya se encuentra en el mercado.
17	Adaptar casco comercial para el sistema electrónico.	Son las modificaciones necesarias (como perforaciones) para incorporar el circuito eléctrico en el casco.
18	Incluir sistema electrónico al casco adaptado.	Ya son detalles, como colocar el circuito en las perforaciones hechas y cubrir lo necesario.
19	Reconocer el circuito cerrado (Recorrido del bus UNAB).	Hacer una identificación del área de pruebas y estudio del prototipo
20	Realizar pruebas de reconocimiento del sistema GPS.	Verificar que el sistema reconozca la ruta de estudio en los diferentes tramos del trayecto de la misma.
21	Realizar pruebas de impacto simulando un accidente.	Verificar que el sistema electrónico funciona como debería y que se mantiene en su lugar.
22	Realizar cambios Y nuevas pruebas si es necesario.	En base a las pruebas iniciales puede ser necesario hacer cambios en los sensores o posición de los mismos. Estos cambios se deben probar hasta obtener el sistema adecuado.
23	Ultimar detalles del prototipo	Limpiar o pulir, el prototipo debe estar en buen estado.
24	Realizar manuales	Escribir los manuales de funcionamiento y posibles averías.
25	Realizar documento final	Es el informe final que se entrega al grupo evaluador.

Fuente: Autores

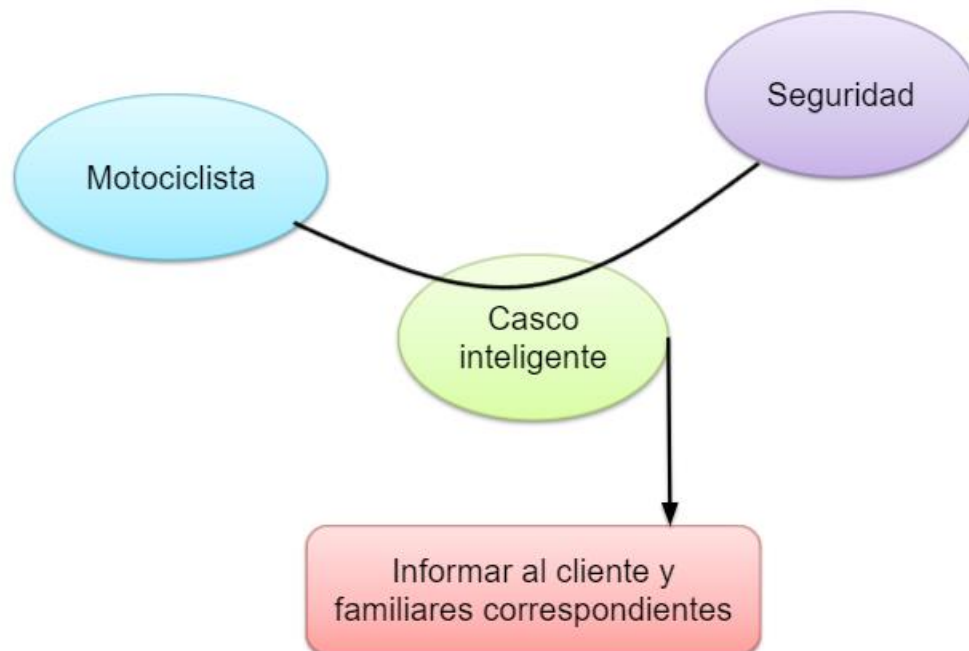
6. IDENTIFICACION Y ANALISIS DEL PROYECTO

Lo primero a realizar es la identificación de variables que intervienen en el proyecto, para ello se analiza desde una perspectiva de producto cliente, en donde lo primordial es saber hacia quien va dirigido el proyecto, cuáles son los elementos que se necesitan para realización del producto y definir las opciones que se tienen.

6.1. DIAGRAMA DEL TORO

Este diagrama nos permite entender en términos generales hacia quien va dirigido el proyecto, cual es la función que va a cumplir y con que se relaciona al cliente, es decir que se hace una identificación de la necesidad, se conoce quien es el beneficiario del producto y cuál es el objetivo del artículo. En este caso el proyecto se denomina, en términos generales, como un casco inteligente en donde desempeña el papel de producto, el beneficiario es el cliente que en este caso es el motociclista, se suple la necesidad de seguridad y su objetivo es el informar al cliente y familiares, esto sería en el supuesto de que llegase a ocurrir un accidente.

Figura 11. Diagrama del toro



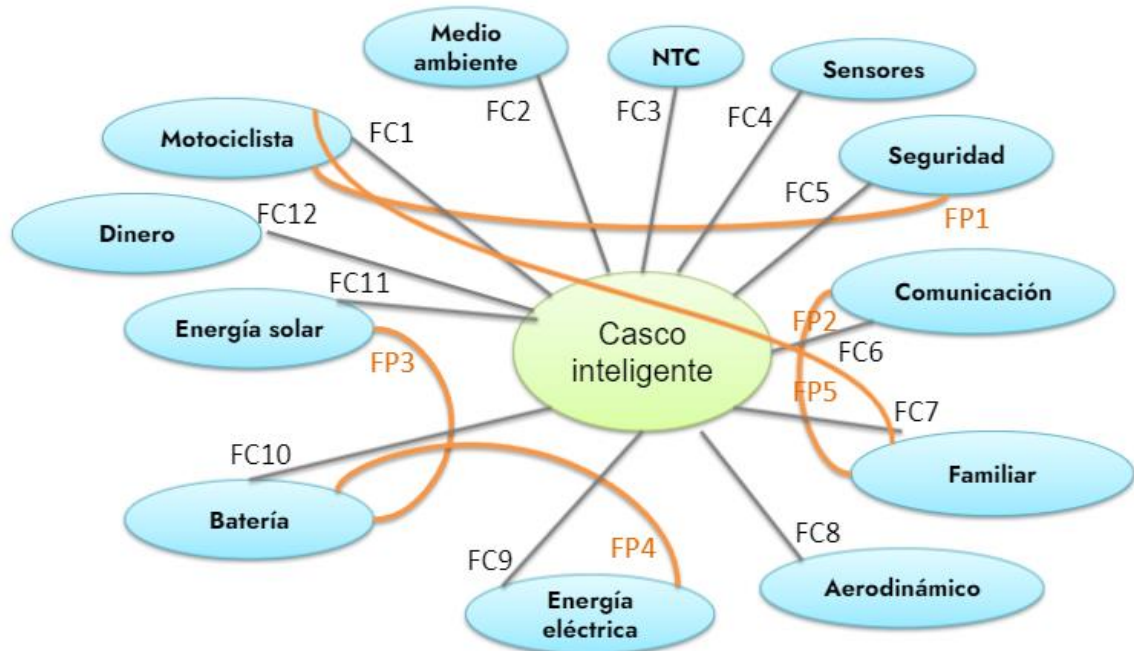
Fuente: Autores

6.2. DIAGRAMA DEL PULPO

Después de identificar la necesidad se debe saber si esta se sule con la utilización del producto y de ser el caso transformar dicha necesidad en funciones de servicio, para ello se hace una identificación de los elementos externos que influyen en el producto estos elementos son los que se encuentran de color azul en la figura 12 y deben ser tangibles.

Posteriormente se realiza una identificación de las funciones de servicio, en donde se tienen de 2 tipos las funciones principales, que se encuentran de color naranja y las funciones restrictivas que son las de color gris.

Figura 12. Diagrama del pulpo



Fuente: Autores

6.2.1. Funciones principales

Estas funciones son de carácter obligatorio y son aquellas que relacionan más de 2 elementos externos con el producto en este caso se tienen 5 funciones principales.

Tabla 4. Funciones principales

FUNCION PRINCIPAL	DESCRIPCIÓN
FP1	Brindar seguridad al motociclista
FP2	Permitir comunicación con familiares
FP3	Adaptarse a cargar la batería con energía eléctrica
FP4	Adaptarse a cargar la batería con energía solar
FP5	Permitir acceso de familiares

Fuente: Autores

6.2.2. Funciones de restricción

Estas funciones solo relacionan el producto con un elemento externo y cada elemento debe estar vinculado al producto con al menos una función de restricción, si no es posible hacer dicha vinculación entonces ese elemento no es relevante para el producto. En este caso se tienen 12 funciones de restricción.

Tabla 5. Funciones de restricción.

FUNCION DE RESTRICCIÓN	DESCRIPCIÓN
FC1	Adaptase a la cabeza del motociclista
FC2	Resistir los cambios del medio ambiente
FC3	Cumplir con la NTC para cascos
FC4	Permitir el cambio de sensores
FC5	Ser un producto seguro (con respecto a sus materiales)
FC6	Tener comunicación estable con la red
FC7	Informar a familiares
FC8	Cumplir con los requerimientos de un diseño aerodinámico
FC9	Adaptarse a la energía eléctrica
FC10	Permitir la recarga de la batería
FC11	Adaptarse a la energía solar
FC12	Ser económico

Fuente: Autores

6.3. DIAGRAMA FAST

Function Analysis System Technic permite hacer una descomposición de las funciones principales de un producto en funciones técnicas para poder llegar a

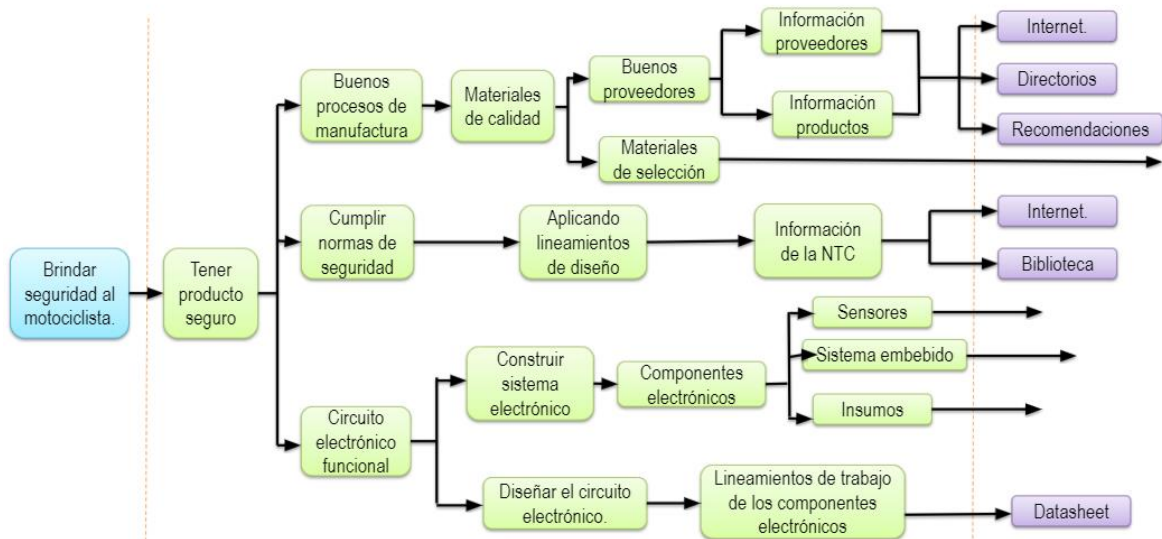
soluciones técnicas y enfocadas a la realidad, por lo que en esta etapa se hace un análisis funcional para poder llegar a soluciones innovadoras.

Un diagrama FAST se realiza haciendo preguntas de ¿Cómo? Y respondiendo el ¿Por qué?, es decir de izquierda a derecha se responde el cómo y al leerse de derecha a izquierda se responde el por qué. Esto se debe hacer con cada función principal obtenida.

6.3.1. FP1

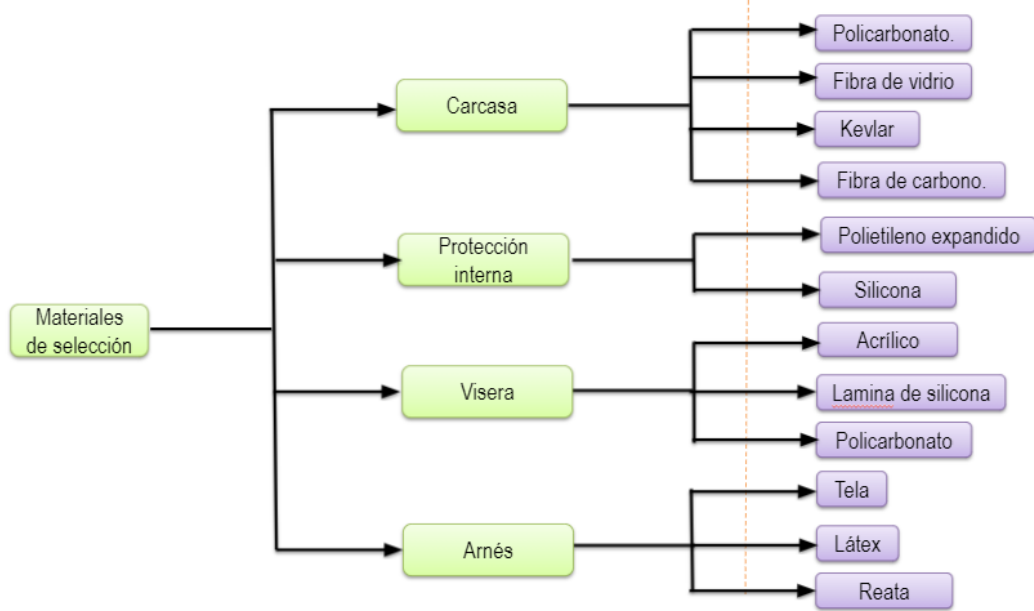
La función principal número uno corresponde a brindar seguridad al motociclista, al realizar el diagrama FAST de esta función obtenemos soluciones concretas como en donde obtener proveedores, que tipo de insumos buscar y la variedad de los mismos que se pueden encontrar.

Figura 13.1. Función principal 1



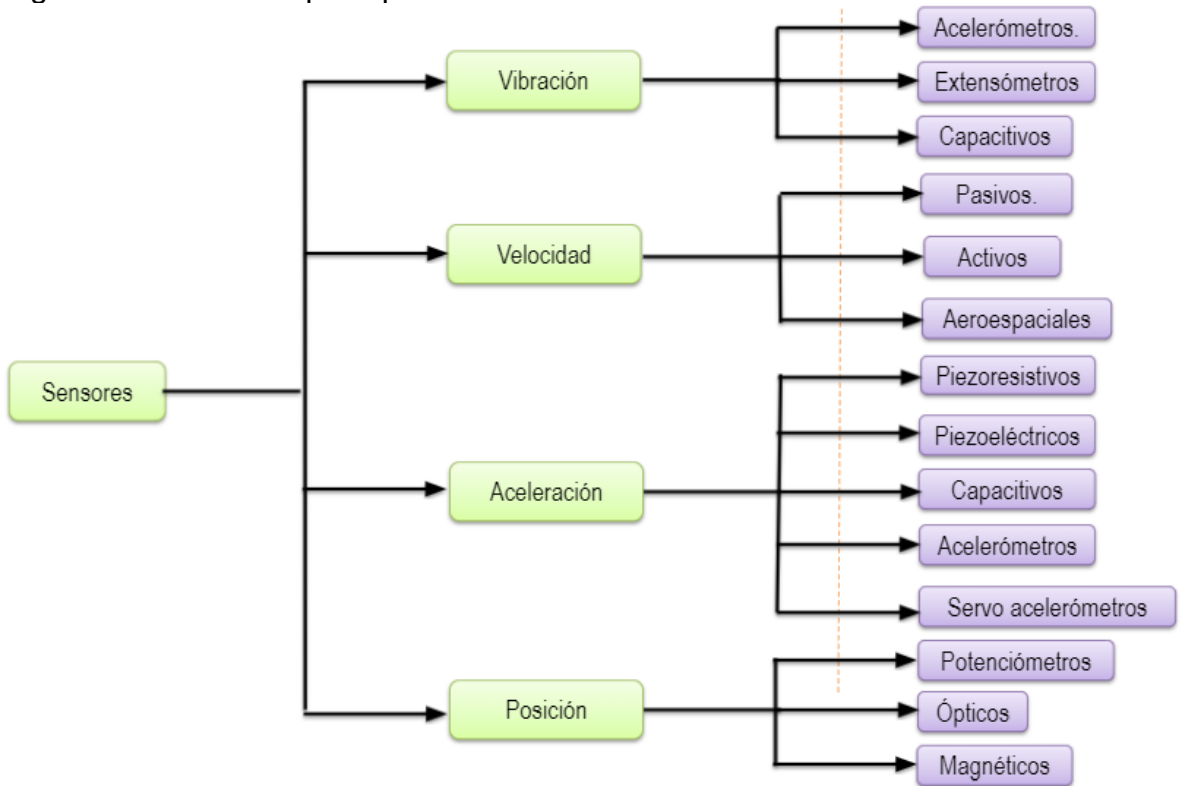
Fuente: Autores

Figura 13.2. Función principal 1 – materiales de selección.



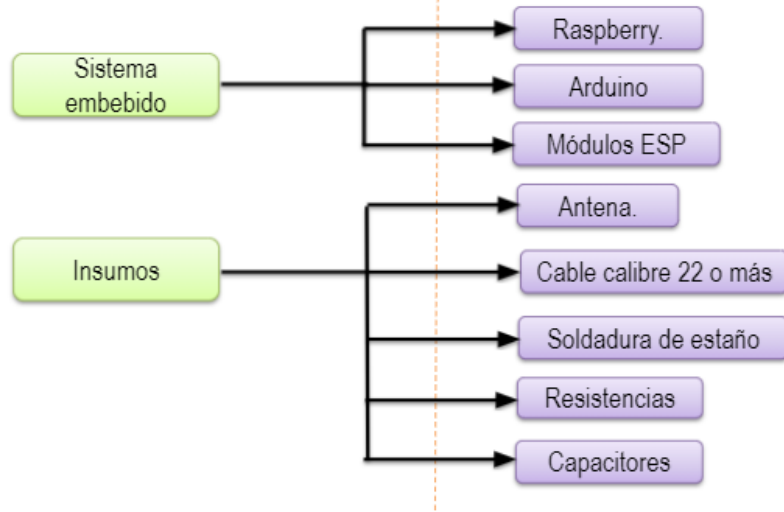
Fuente: Autores

Figura 13.3. Función principal 1 – sensores.



Fuente: Autores

Figura 13.4. Función principal 1 – sistema embebido e insumos.

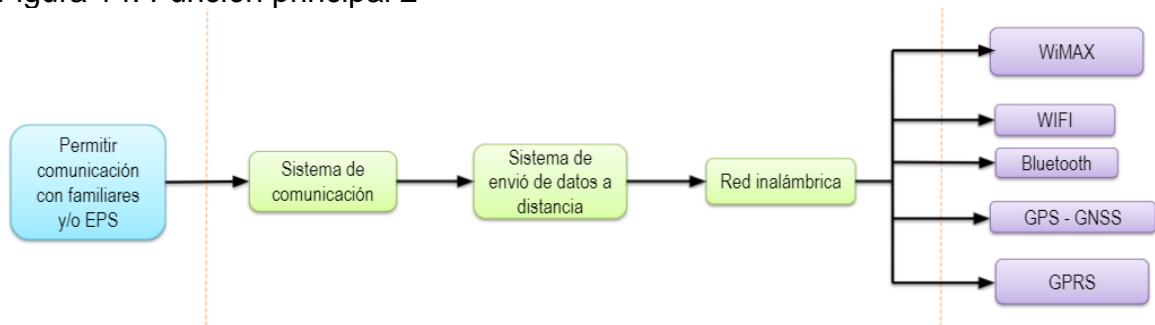


Fuente: Autores

6.3.2. FP2

La función principal número dos corresponde a permitir comunicación con familiares, esta es una de las más importantes porque es la base del proyecto para que la persona accidentada pueda ser encontrada, debido a que esta comunicación se basa en informar al familiar la ubicación, como soluciones técnicas encontramos los tipos de comunicación que se pueden seleccionar para crear una conexión en el sistema.

Figura 14. Función principal 2

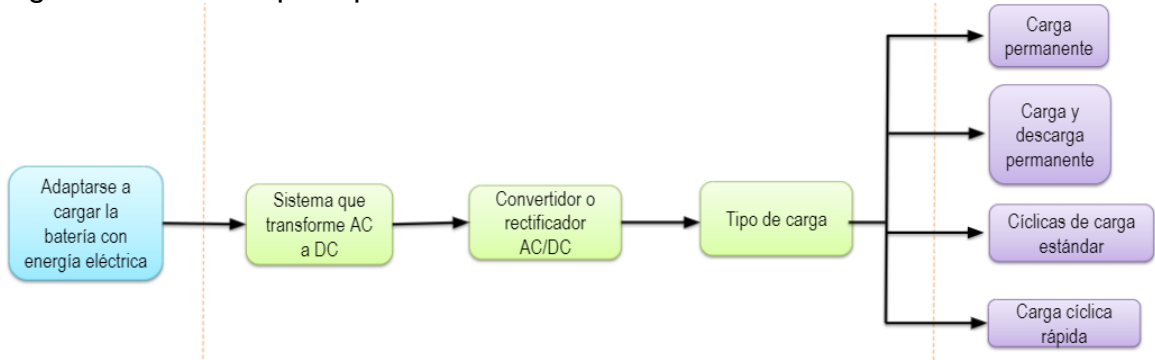


Fuente: Autores

6.3.3. FP3

La función principal numero 3 corresponde a la adaptabilidad de carga de la batería con energía eléctrica, esta función es importante para evitar incrementar los costos al cliente cada vez que el sistema se quede sin energía.

Figura 15. Función principal 3.

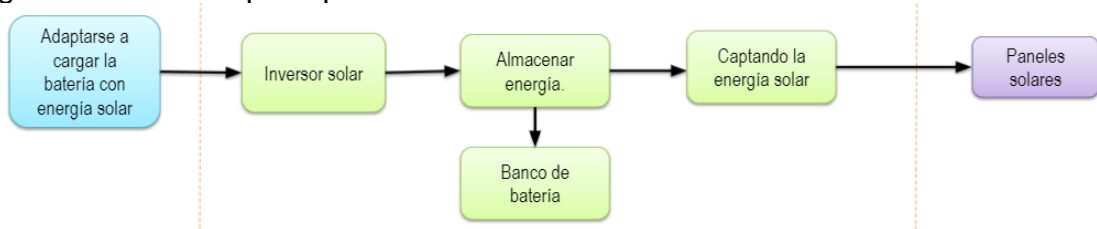


Fuente: Autores

6.3.4. FP4

La función principal numero 4 hace referencia a adaptar a cargar la batería con energía solar, esta función se analiza porque puede formar parte del prototipo, pero para el presente proyecto no se incluye en el resultado final.

Figura 16. Función principal 4.

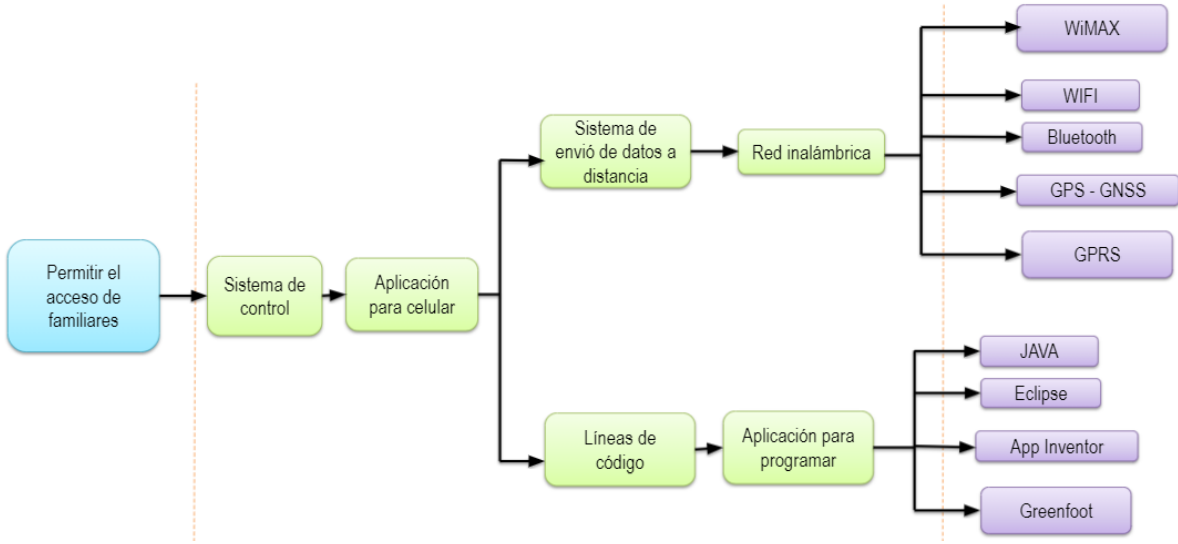


Fuente: Autores

6.3.5. FP5

La función principal numero 5 permite el acceso a familiares, esta función se tiene en cuenta de forma parcial debido a que se usan redes inalámbricas, pero no se van a desarrollar aplicaciones móviles.

Figura 17. Función principal 5.



Fuente: Autores

7. PROCESO DE FABRICACIÓN

Se realizó una consulta de empresas fabricantes de cascos en Colombia con el fin de comprender el proceso a nivel industrial de esta forma se sabrían los costos de producción si se buscara un resultado físico del prototipo diseñado, en este caso no se va a llegar a un prototipo físico, referente a la carcasa diseñada, debido a que el sistema electrónico se va implementar en un casco comercial, pero aun así si se desea consultar el análisis de costos general que se realizó, remítase a el **ANEXO 3**.

De la investigación se obtuvo que hay dos empresas fabricantes de cascos en Colombia.

- INDUCASCOS, se encuentra ubicada en Medellín y produce entre 35 mil y 40 mil unidades mensuales, tiene su propia página web (<https://inducascos.com/>) en donde se puede dejar preguntas y ellos se encargarán de responderlas.
- CASCOS LAR, se encuentra ubicada en Bogotá, cuenta con su propio laboratorio de ensayos y ayudo en la redacción de la norma NTC 4533, que la que determina las características de los cascos para que sean reglamentados, tiene su página web (<http://www.cascoslar.com/>) en donde responde de forma oportuna a las preguntas que se realicen.

La fabricación industrial de cascos para motociclistas en aspectos generales se puede describir en 11 pasos.

Tabla 6. Proceso de fabricación de un casco

N°	PASO	DESCRIPCIÓN
1	Modelado de las fibras con la forma de la calota	Para este paso se corta la tela de fibra de vidrio, se acomoda en el molde junto con la resina, se infla un globo de silicona dentro del molde para presionar la fibra y que tome la forma de la calota.
2	Corte de precisión	Este se puede hacer con un laser de precisión o con chorro de agua, en esta parte se cortan los excesos de la tela de fibra de vidrio y se abre el espacio para la visera y demás ensambles.
3	Control de peso y grosor precisos	Se hace una primera inspección verificando que las medidas son correctas y que no hay deformidades aparentes.

4	Imprimación		Se recubre la carcasa con un sellador para adherir mejor la pintura.
5	Lijado		Se hace un lijado a mano usando una lija fina para dejar una capa uniforme antes de que se pinte el casco.
6	Aplicación de pintura	de	Se aplican varias capas de pintura, esto puede hacerse a mano con ayuda de un brazo robótico, lo importante es que sean capas uniformes.
7	Colocación de graficas	de	Este paso es opcional debido a que se puede manejar un diseño neutro, pero en este proceso se colocan también las estampillas de acreditación y la marca representativa de la empresa. Este proceso se hace de forma manual
8	Aplicación de barniz	de	Este proceso también se puede hacer a mano o con procesos automatizados, pero se aplica una buena capa de barniz de alta duración para garantizar que el acabado del casco no se va a dañar con los cambios climáticos.
9	Inspección		Se realiza una inspección visual de la pintura de la carcasa para evitar entregar al mercado un casco con zonas de pintura amontonada o con parches de color.
10	Ensamble final		En este paso se acomodan los acolchados, el arnés y la visera.
11	Inspección final y embalaje		Esta última inspección es para asegurar que todo se encuentra en perfectas condiciones y se empacan los cascos para su distribución.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=Xi0a4vIR3I8>

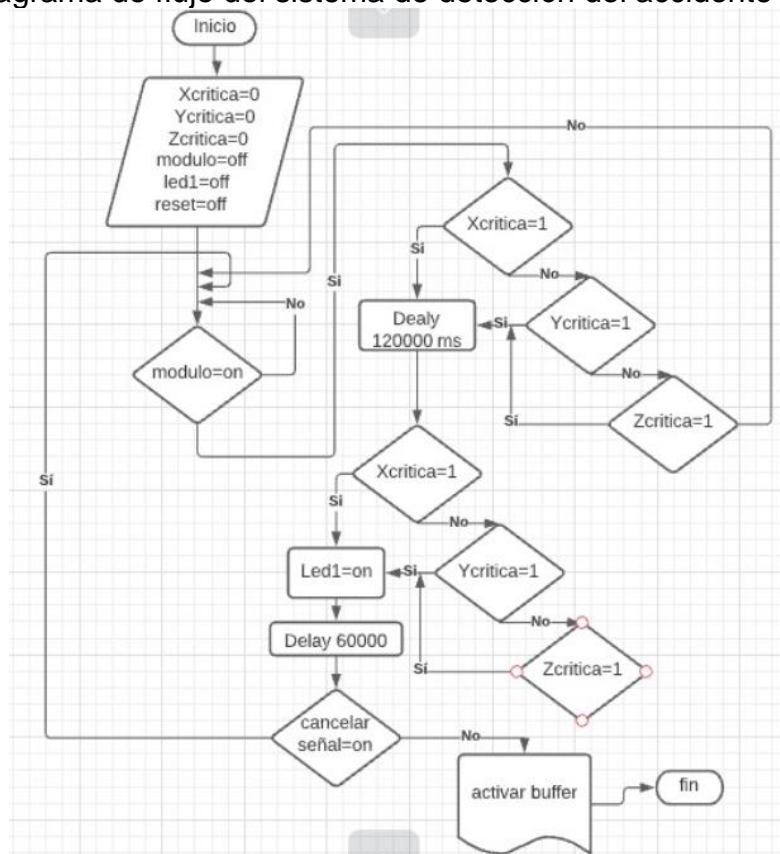
8. CONFIGURACIÓN DE PARAMETROS

El funcionamiento de todo el sistema se divide en 3 bloques en donde tenemos el sistema de detección del accidente, el sistema de ubicación y el envío de mensajes.

8.1. SISTEMA DE DETECCIÓN DEL ACCIDENTE

Este corresponde al uso del acelerómetro ADXL335, que se encuentra ubicado en el casco y nos va a indicar si la cabeza de la persona se encuentra en una posición que se denominó crítica, ya que estas son posiciones no son normales si la persona se encuentra manejando, para identificar dicha posición crítica se utilizan LED's y el funcionamiento de este bloque se ve en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 18. Diagrama de flujo del sistema de detección del accidente

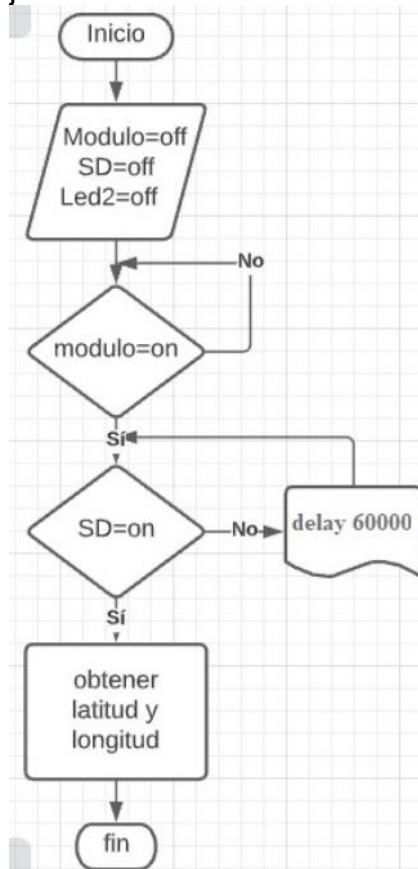


Fuente: Autores

8.2. SISTEMA DE UBICACIÓN

Este corresponde al uso del Shield GPS en donde se capturan los datos del sistema satelital para poder enviar la información de ubicación al contacto de emergencia, también guarda los datos en la tarjeta SD, esta información se puede poner en un programa de lectura de datos GPS y permite determinar la ruta de la persona hasta el accidente, también se tiene un indicativo con LED para identificar si se cuenta con la tarjeta SD o no, el funcionamiento de este bloque se encuentra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 19. Diagrama de flujo del sistema de ubicación.



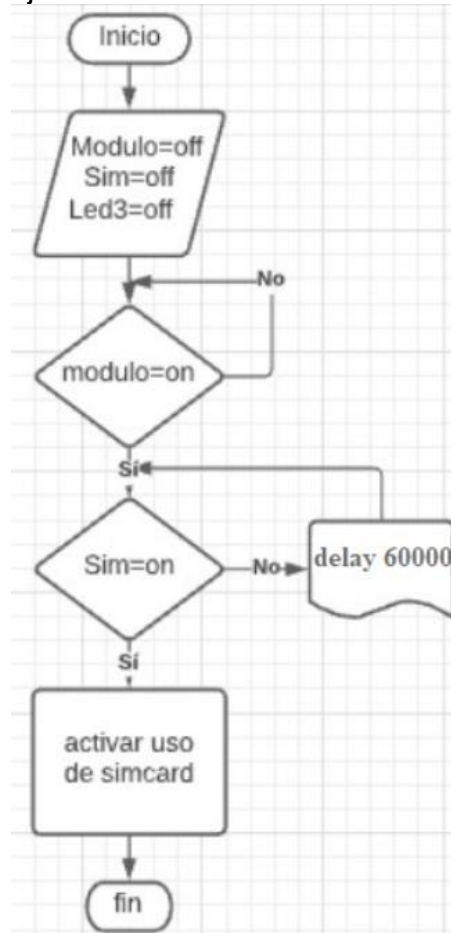
Fuente: Autores

8.3. SISTEMA DE ENVÍO DE MENSAJES

Este corresponde al envío del mensaje de texto al contacto de emergencia, en este bloque después que se hace la identificación del accidente se toman los datos

actuales del GPS y se le envía la información al contacto de emergencia indicándole que la persona sufrió un accidente, de esta forma el contacto designado puede ubicar al sujeto que sufrió el percance, el funcionamiento de este bloque se ve en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 20. Diagrama de flujo del sistema de envío de mensajes

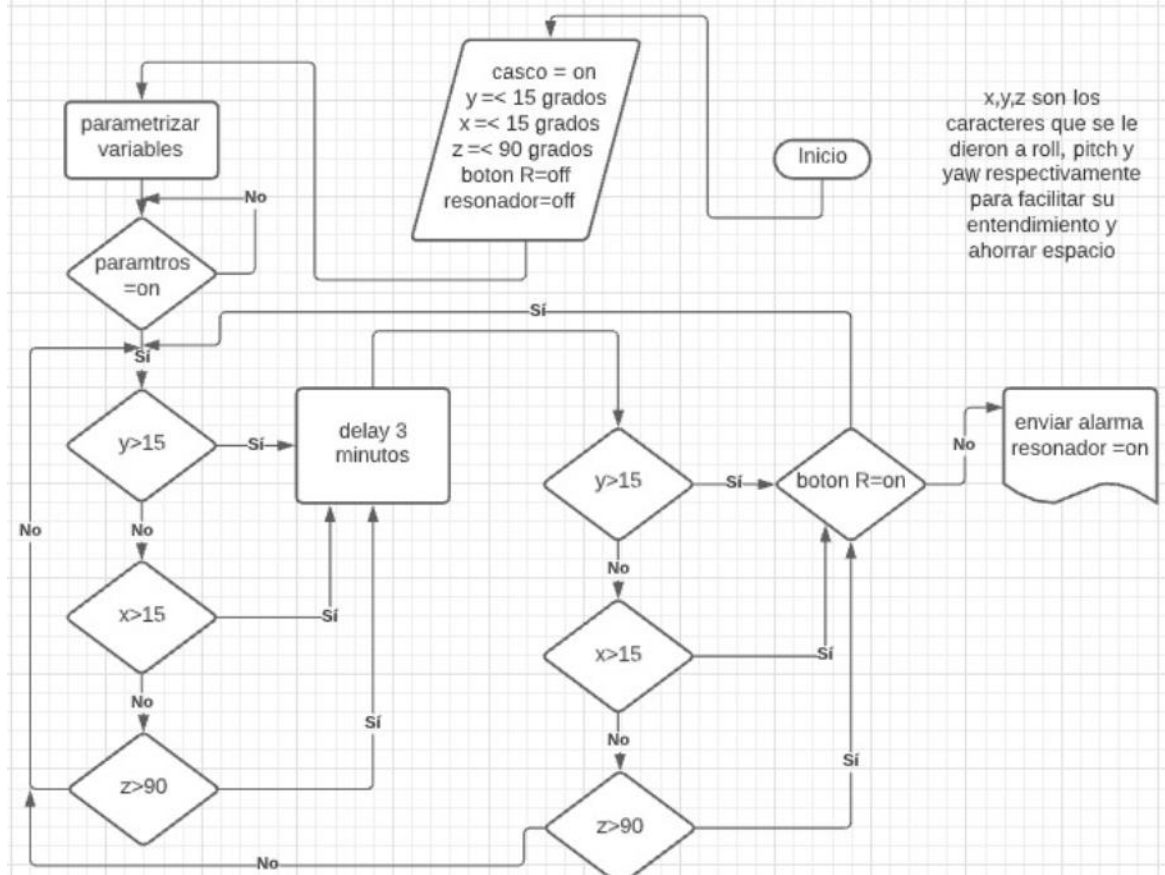


Fuente: Autores

8.4. SISTEMA COMPLETO

El funcionamiento del sistema completo es la unión de los tres bloques, pero generalizando algunas partes de los mismos, de esta forma se realiza el mecanismo para poder prestar atención temprana a los accidentes e informar del siniestro a los familiares para que estos puedan asistir a los sujetos que sufrieron el accidente, el funcionamiento del sistema completo se encuentra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 21. Diagrama de flujo del sistema completo



Fuente: Autores

9. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para poder fabricar el prototipo físico del sistema salvavidas que va implementado en el casco y asegurar que se cumplieran los objetivos planteados, se estableció un listado de componentes físicos necesarios para la fabricación del mismo. En donde, se realizó un proceso de selección teniendo en cuenta las necesidades del proyecto y las capacidades económicas del equipo de trabajo, considerando que los errores en esta etapa se generan debido a las largas esperas por tiempo de entrega que a su vez ocasionan la reformulación del problema y pérdidas de dinero a causa de la mala elección de un componente.

9.1. SISTEMA EMBEBIDO

El sistema embebido seleccionado fue el Arduino UNO que es una placa electrónica con un microcontrolador integrado basado en ATmega328, cuenta con 14 pines digitales de entrada y salida y 6 entradas análogas, permite conexión USB, así como un conector para alimentación externa.

Figura 22. Arduino UNO



Fuente vía web: <https://www.mastoner.com/blog/post/%C2%BFqu%C3%A9-es-arduino-y-para-qu%C3%A9-sirve/>

El Arduino tiene las siguientes especificaciones o características:

- | | |
|--|-----------------------|
| • Microcontrolador: | ATmega328 |
| • Voltaje operativo: | 5 [v] |
| • Voltaje de entrada: | 7 – 12 [v] |
| • Pines de entradas/salidas digitales: | 14, 6 son salidas PWM |
| • Pines de entradas análogas: | 6 |
| • Memoria flash: | 32 KB |
| • EEPROM: | 1 KB |

Para la toma de decisión se compararon los componentes analizando sus ventajas y desventajas.

Tabla 7. Selección sistema embebido

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Arduino UNO	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo (25.000 COP) -Compatibilidad multiplataforma -Entorno de programación sencillo -Código abierto -Hardware abierto -Uso de Power Jack como fuente de alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> -Poca flexibilidad en los proyectos (la tarjeta ya viene ensamblada) -Retraso en ejecución de instrucción por uso de librerías.
ESP32	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo (36.000 COP) -alta compatibilidad con Arduino. -Código abierto 	<ul style="list-style-type: none"> -Poca información sobre los inconvenientes que presenta la tarjeta.
Rapsberry	<ul style="list-style-type: none"> -Alto nivel de procesamiento de datos. -Gran capacidad de manejo de diferentes lenguajes de programación. -Variabilidad sobre posibles gadgets a conectar directamente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo elevado (dependiendo el modelo desde (40.000 COP hasta 650.000 COP) -Tamaño considerablemente grande.
Arduino MEGA	<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo (65.000 COP) -Compatibilidad multiplataforma -Entorno de programación sencillo -Código abierto -Gran cantidad de pines de salida y entrada de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Poca flexibilidad en los proyectos (la tarjeta ya viene ensamblada) -Retraso en ejecución de instrucción por uso de librerías.
Arduino Nano	<ul style="list-style-type: none"> -Tamaño perfecto -Bajo consumo de energía. -Compatibilidad multiplataforma -Entorno de programación sencillo -Código abierto 	<ul style="list-style-type: none"> -Cantidad de pines insuficientes. -Poca cantidad de shields directos compatibles. -Necesidad de instalación de driver adicionales al momento de programar.

Fuente: Autores

9.2. SISTEMA GPS

Este es uno de los elementos de mayor importancia dentro del proyecto debido a que es el que le va a brindar al usuario la posibilidad de ser encontrado enviando sus datos de posicionamiento. En este caso se seleccionó el Shield GPS para Arduino el cual solo necesita ponerse encima del Arduino y ya viene incluido el espacio para la tarjeta SD por lo que no es necesario comprar un componente extra.

Figura 23. Shield GPS



Fuente vía web: <https://www.openhacks.com/page/productos/id/69/title/GPS-Shield-para-Arduino#.YWnApRozaUm>

Las características de este componente son:

- Slot para micro SD: Si
- Compatibilidad con antenas: Normales y activas
- Interfaz UART: Si
- Voltaje de operación: 3,3 – 5 [V] se selecciona mediante interruptor
- Temperatura de operación: -40°C a +85°C
- Seguimiento satelital: 20 satélites en simultaneo
- Protocolo: NMEA 0183 v2.3

Este componente se escogió principalmente porque en el Tecnoparque del SENA nodo Bucaramanga contaban con el mismo. Aun así, se realizó la comparativa de ventajas y desventajas de los componentes.

Tabla 8. Selección sistema GPS

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Shield GPS globalsat	-Voltaje de operación variable -Espacio para micro SD	-Solo funciona en exteriores -Tiene un tamaño considerable

	-Compatible con antenas normales y activas -Fácil conexión -Bajo costo	
Modulo GPS globalsat	-Bajo costo -Tamaño reducido	-Solo utiliza un tipo de antena -No tiene conexión para tarjeta SD -Se necesitan definir la conexión -Solo funciona en exteriores

Fuente: Autores

9.3. ANTENA GPS

La adquisición de este componente se hizo de forma experimental, debido a que en la ciudad de Bucaramanga no se encontraban antenas GPS de ningún tipo, por lo que se probó con antenas de otras frecuencias sin obtener un resultado positivo, finalmente se tomó la decisión de comprar la antena en línea.

Figura 24. Antena GPS



Fuente vía web: [https://www.openhacks.com/page/productos/id/70/title/Antena-Activa-para-GPS#lightbox\['galeria'\]/2/](https://www.openhacks.com/page/productos/id/70/title/Antena-Activa-para-GPS#lightbox['galeria']/2/)

Esta antena cuenta con las siguientes características:

- Frecuencia: 1575.42 MHz
- Alimentación: 3 – 5 [V]
- Longitud del cable 3 metros aprox.
- Resistente al agua Si

Se selecciono esta por el rango de frecuencias que maneja y es la que mejor en términos de adaptabilidad al Shield GPS.

9.4. SISTEMA GSM/GPRS

Este es el segundo elemento más importante porque es el que permite el envío de mensajes de texto, lo cual es indispensable para informar a familiares de la persona accidentada.

Inicialmente se había escogido el Shield SM5100B-D, debido a su fácil adquisición, recalando que en sitio que se compro era el único disponible, pero debido a problemas de registro no se pudo usar. En la figura 25 se observa el problema que se presentó en el registro y se recomienda visualizar el **ANEXO 4**, para observar los pasos que se deben seguir antes de usar un módulo GSM/GPRS.

Figura 25. Shield – SM5100B



Fuente vía web: <https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/286-arduino-cellular-shield-sm5100b.html>

Este Shield cuenta con las siguientes características:

- Conexión: 60 pines
- Voltaje de operación: 3.3 – 4.2 [v]
- Interfaz: UART
- Frecuencia de banda: EGSM900+ GSM850+ DCS1800 + PCS1900
- Soporte SIM card: 3[v]/1.8[v] SIM card
- Seguimiento satelital: 20 satélites en simultaneo
- Protocolo: NMEA 0183 v2.3

Figura 26. Problemas en el registro



Fuente: Autores

Para poder dar continuidad al proyecto se optó por usar el módulo SIM800L que brinda un amplio rango de uso y es económico.

Figura 27. Modulo SIM800L



Fuente vía web: <http://www.servotronik.com.co/index.php/producto/sim800l-minimum-system-gprs-gsm-1000x750/>

Este módulo cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de operación: 3.3 – 3.7 [V]
- Interfaz: Serial UART
- Frecuencia de banda: 850/900/1800 / 1900MHz
- Seguimiento satelital: 20 satélites en simultaneo
- Protocolo: NMEA 0183 v2.3

9.5. ANTENA GSM/GPRS

Para el correcto funcionamiento del módulo SIM5100B es necesario conectarle una antena GSM para que tenga una conexión más estable con la red, debido a que si

no cuenta con la antena la red se pierde. En el caso del módulo SIM800L también se puede usar esta antena con un adaptador UFL a SMA.

Figura 28. Antena GSM



Fuente vía web: <https://www.amazon.com/-/es/Antena-SIM900A-GPRS-Peque%C3%B1a-Pimienta/dp/B07Q4B6XG8>

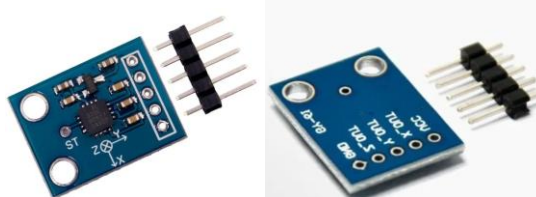
Este tipo de antena cuenta con las siguientes características:

- Rango de frecuencia: 824-960 MHz/ 1710 – 1990 MHz
- Ganancia: 2.5 dB
- Impedancia: 50 ohm
- Potencia máxima: 50 W
- Modelo interfaz: Aguja de tornillo interno SMA

9.6. SENSORES

Dentro del uso de sensores se está usando un acelerómetro ADCL 335 de 3 ejes, para poder medir el comportamiento del conductor en cada eje y para obtener el posicionamiento crítico que se genera después del accidente.

Figura 29. Acelerómetro ADXL335



Fuente vía web: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/250056/AD/ADXL335/24/1/ADXL335.html>

Este módulo cuenta con las siguientes características

- Rango de frecuencia: 824-960 MHz/ 1710 – 1990 MHz
- Ganancia: 2.5 dB

- Impedancia: 50 ohm
- Potencia máxima: 50 W
- Modelo interfaz: Aguja de tornillo interno SMA

9.7. BATERÍAS

En este parámetro se tienen 2 baterías, la primera que alimenta el circuito completo y segunda es la conexión de baterías que alimentan al SIM800L

Figura 30. Baterías recargables Beston



Fuente vía web: https://www.jd-market.com/MCO-450536837-combo-cargador-pila-cuadrada-recargable-9v-beston-c840818-_JM

Esta batería de 9 V se encarga de brindar la alimentación a todo el sistema y es recargable lo que amplía su vida útil.

Figura 31. Baterías recargables LiPo



Fuente vía web: <https://es.aliexpress.com/item/32494149772.html>



Estas baterías se encargan de alimentar el módulo SIM800L para que trabaje al voltaje nominal y sin riesgo de que se queme y así mismo cuente con el amperaje de salida que necesita.

10. DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASCO

Para poder crear un diseño propio se hizo una tabla comparativa de los cascos que se encuentran en el mercado respecto a materiales y tipos.




Tabla 9. Clasificación cascos comerciales según materiales.




IMAGEN	MODELO	MARCA	MATERIALES	CARACTERISTICAS	FUENTE VÍA WEB
	VALIANT MAT	LS2	Policarbonato	<ul style="list-style-type: none"> -Visera integrada y anti arañazos. -Pin lock. -Cierre micrométrico. -Desarmable 	https://www.amazon.es/dp/B0725SH7K2?tag=moriwo-21&linkCode=ogi&th=1&psc=1
	NXR Plain	SHOEI	Fibra orgánica y fibra multicompuesta	<ul style="list-style-type: none"> -Cierre de barbilla de doble hebilla. -Interior desmontable y lavable. -Sistema de extracción de emergencia. 	https://www.amazon.es/dp/B0016VXKAW?tag=moriwo-21&linkCode=ogi&th=1&psc=1
	0281 ^a 410_002_ML K1	AGV	Termoplástico	<ul style="list-style-type: none"> -Alerón integrado. -Capacidad para usar sistema de comunicación genérico. -Ventilación completamente ajustable. 	https://www.amazon.es/AGV-Solid-Casco-Moto-Integral/dp/B07Y3TXKDG/ref=ppd_lpo_1?ppd_rd_i=B07Y3TXKDG&th=1
	RIDILL BLANK Mat KMA	SHARK	Policarbonato	<ul style="list-style-type: none"> -Visera solar interna. - Sistema de cierre de barbilla micrométrico. Espacio interno para gafas. 	https://www.amazon.es/Shark-casco-ridill-color-blanco/dp/B01LXDAQ4/ref=pp

					d_lpo_1?pd_rd_i=B01N11Y7TC&th=1&psc=1
	141129	HJC	Kevlar y fibra de vidrio compuesta	-Sistema de ventilación regulable y gestionable por piloto. - Visera con 3 niveles de ajuste. - Interior antibacteriano.	https://www.amazon.es/LS2-Casco-Of562-Airflow-Gloss/dp/B01N8PIL64/ref=pd_lpo_1?pd_rd_i=B08CV2X37Q&th=1
	Storm Starter Red Gloss	AIROH	Termoplástico	-Visor solar integrado. - Interior extraíble. - Carcaza resistente y absorbente de los impactos.	https://www.amazon.es/dp/B01B35FIRK?tag=morior-21&linkCode=ogj&th=1

Fuente: Autores

Tabla 10. Clasificación cascos comerciales según tipo

IMAGEN	TIPO DE CASCO	DESCRIPCION	FUENTE VÍA WEB
	Integrales	Cascos cerrados que cubren completamente la cabeza	https://inducascos.com/240-cascos-integrales
	Abierto	Tipo jet que libera la mandíbula	https://inducascos.com/245-cascos-abiertos
	Abatible	Combinación entre integral y abierto, permite descubrir la mandíbula sin quitarse el casco	https://inducascos.com/241-cascos-abatibles

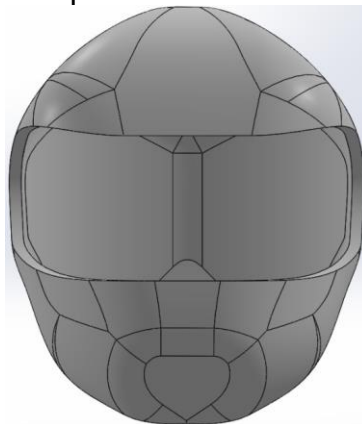
	Multipropósito	Se puede usar en carretera como en pistas de enduro, tiene bifuncionalidad	https://inducascos.com/243-cascos-multiproposito
	Cross	Para competir en las pistas de enduro o motocross	https://inducascos.com/242-cascos-cross
	Modular	Se puede retirar o poner protección en la mandíbula	https://inducascos.com/244-cascos-modulares

Fuente: Autores

En base a la norma NTC 4533 se diseñó el prototipo del casco en donde las características más importantes a tener en cuenta son, que no se obstaculice la visión a 45° desde la mitad del casco a la derecha e izquierda del mismo, dependiendo del tallaje debe cubrir la parte superior del cráneo, la frente y las orejas; en la parte del visor no se debe obstaculizar la mirada del conductor hacia arriba 7° y hacia abajo 45°, en los cascos cualquier protuberancia externa debe ser redondeada para que no se vea afectada la aerodinámica [15].

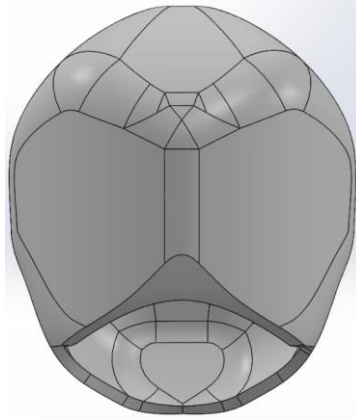
En base a las características más importantes de la norma ya mencionadas, se diseñó el prototipo en donde, según el tipo corresponde a un casco cerrado.

Figura 32. Vista frontal del prototipo final



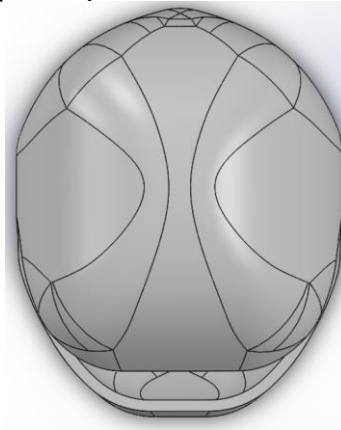
Fuente: Autores

Figura 33. Vista posterior del prototipo final



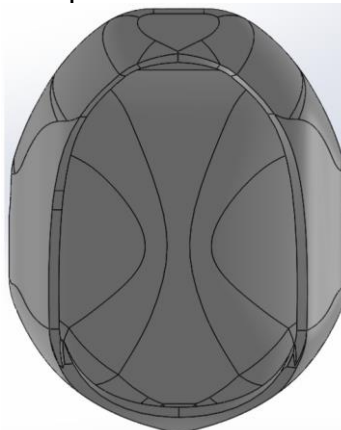
Fuente: Autores

Figura 34. Vista superior del prototipo final



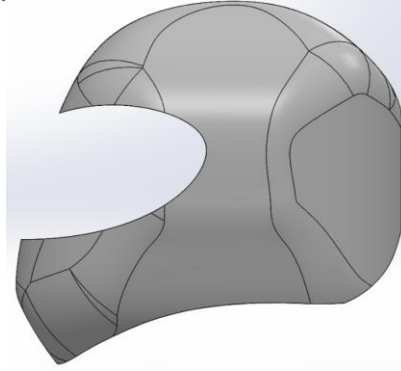
Fuente: Autores

Figura 35. Vista inferior del prototipo final



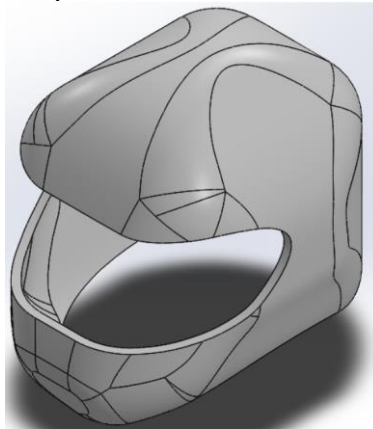
Fuente: Autores

Figura 36. Vista lateral del prototipo final



Fuente: Autores

Figura 37. Isométrica del prototipo

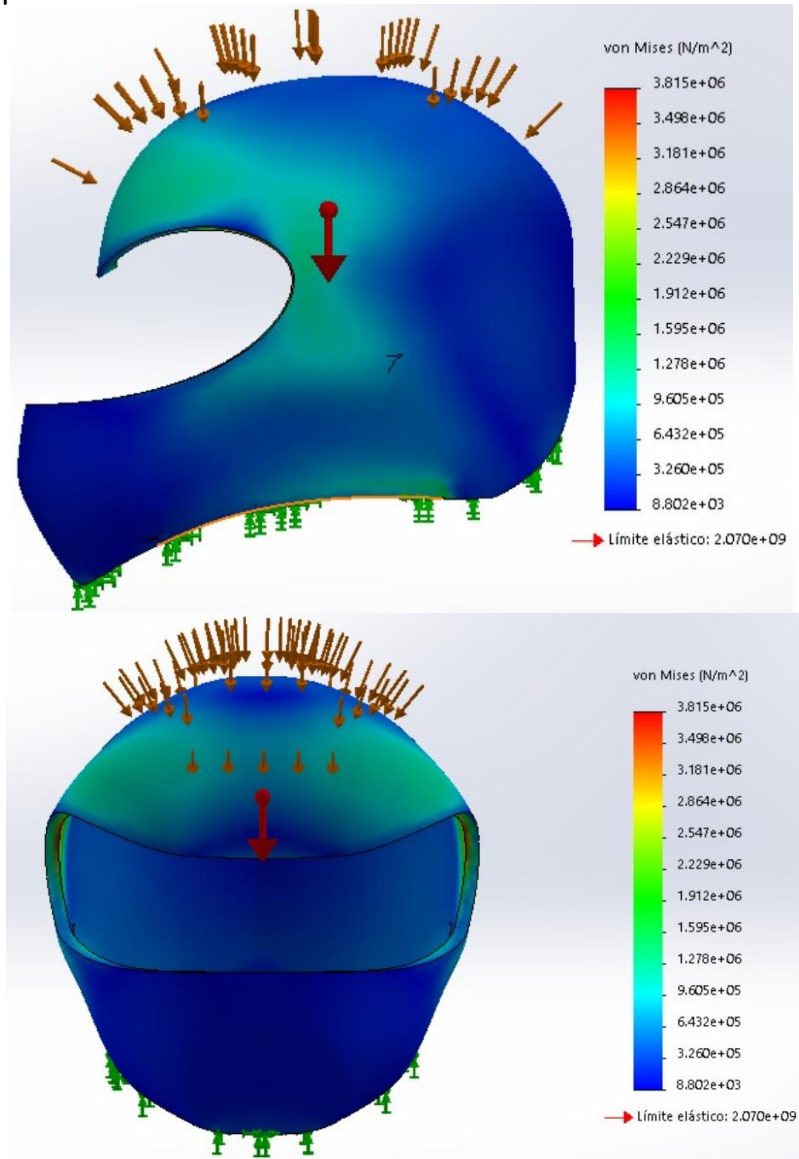


Fuente: Autores

Los planos se encuentran disponibles en el **ANEXO 5**

Al prototipo se le realizó un estudio de impacto frontal y lateral, estudio de deformación y estudio aerodinámico en donde en aspectos generales se obtuvieron los siguientes resultados.

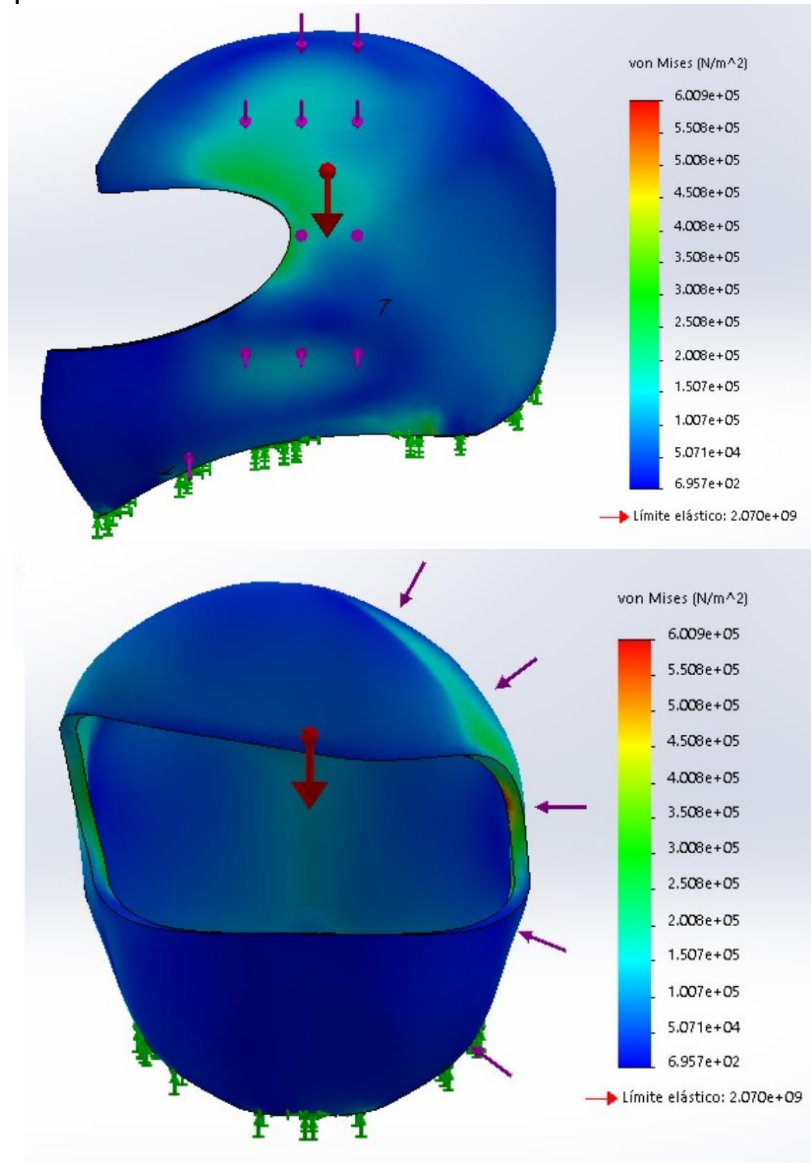
Figura 38. Impacto frontal



Fuente: Autores

Para este estudio se colocaron las fuerzas encima de la cabeza y cerca de la frente simulando un golpe de 150 Kg a una velocidad de 3G, las zonas críticas son prácticamente imperceptibles por lo que se puede decir que no se observan zonas críticas.

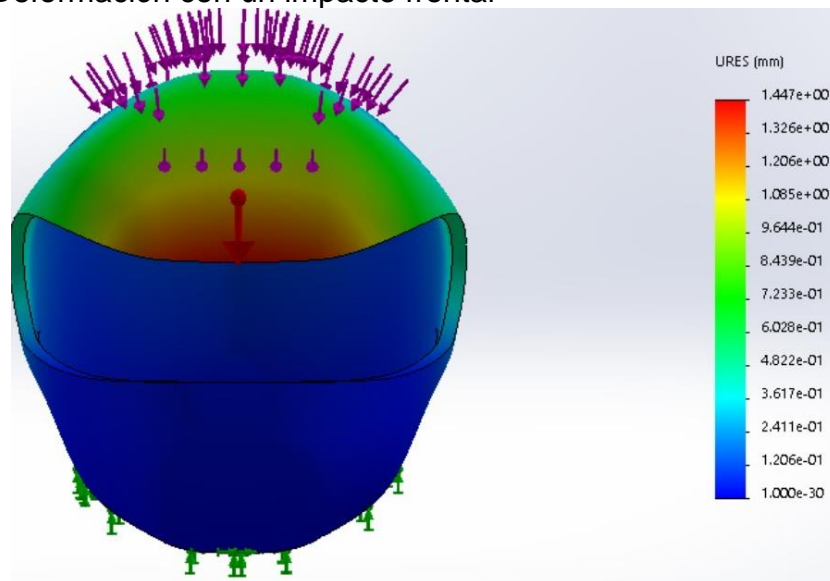
Figura 39. Impacto lateral



Fuente: Autores

Para el impacto lateral se colocaron las fuerzas en el lateral derecho simulando un golpe de 150 Kg a una velocidad de 3G, en este caso si se ve una coloración mas oscura en el vértice de la abertura de la víscera.

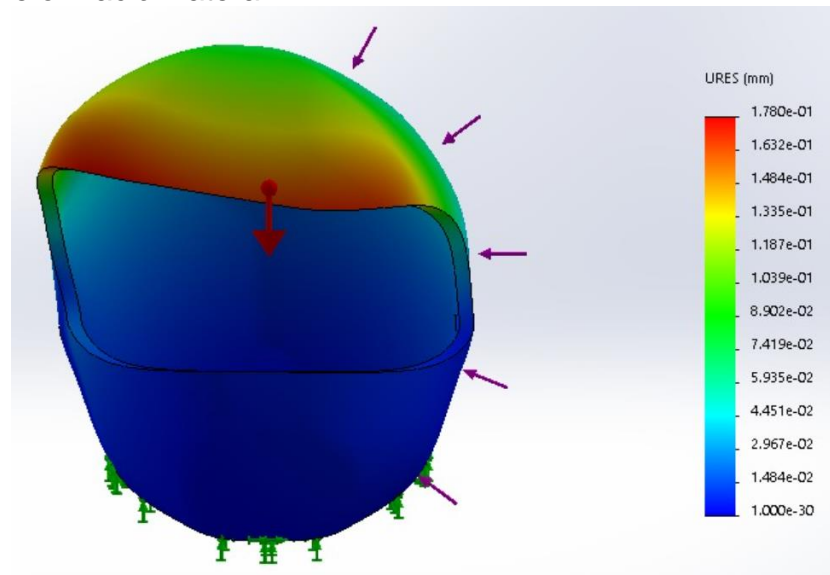
Figura 40. Deformación con un impacto frontal



Fuente: Autores

Ante un impacto exagerado el prototipo se va a pandear poco y se tiene una zona critica en la frente porque es la parte estructural más débil.

Figura 41. Deformación lateral

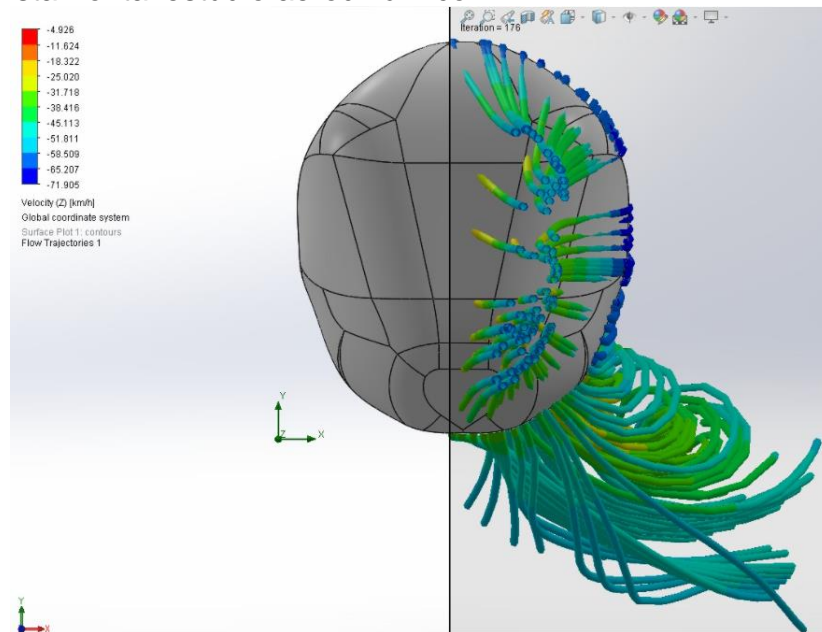


Fuente: Autores

En el caso de la deformación lateral si es un poco más evidente el pandeo, pero aun así no afectaría a la persona y se sigue evidenciando que en la zona de la frente es aquella que se marca como crítica.

El estudio aerodinámico se realizó con una gravedad estándar y a 60 Km/h simulando solo la mitad del casco debido a que la otra parte es simétrica.

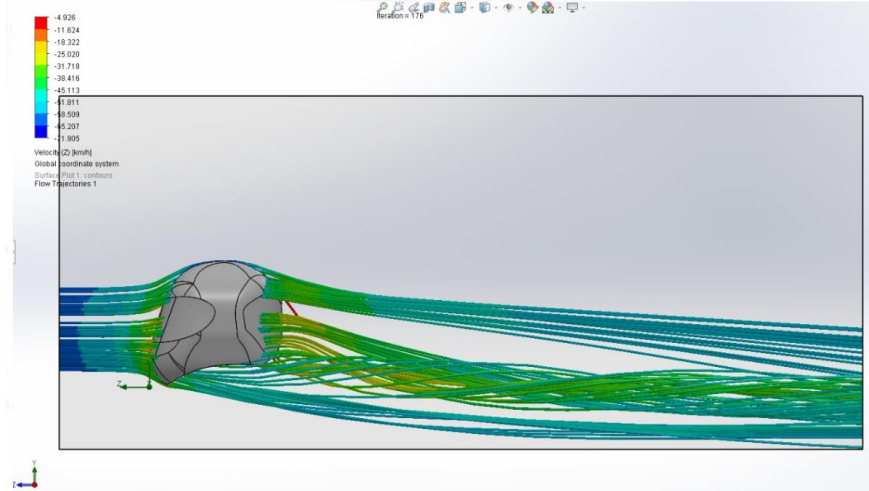
Figura 42. Vista frontal estudio aerodinámico



Fuente: Autores

En la parte frontal se puede observar que solo se está tomando la mitad del prototipo, porque es una estructura simétrica, y que los vectores están en frente del mismo, se puede ver un poco de flujo turbulento abajo del prototipo pero esto es en una estela posterior.

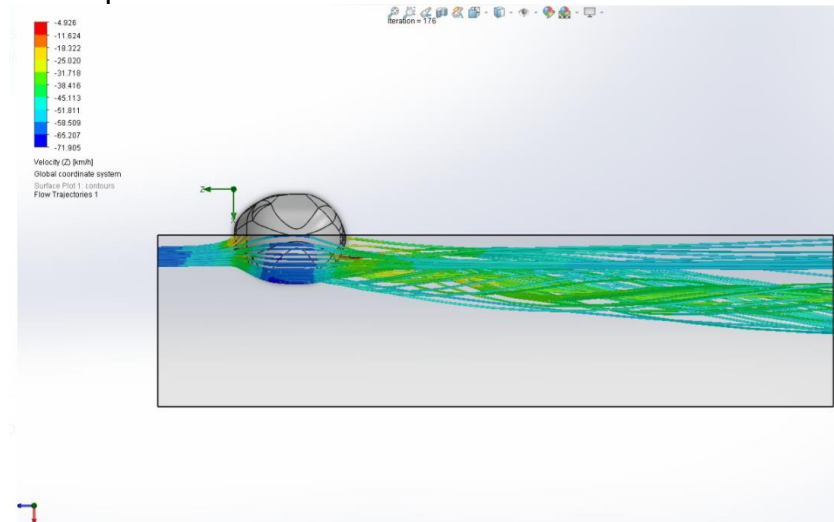
Figura 43. Vista lateral estudio aerodinámico



Fuente: Autores

En esta vista se puede observar de mejor manera como el flujo toca al prototipo directamente con un flujo laminar y cuando pasa por sus superficies se empiezan a formar estelas de flujo turbulento, pero no exactamente después de terminar de recorrer la superficie del casco.

Figura 44. Vista superior estudio aerodinámico



Fuente: Autores

En esta vista se pueden observar más claramente las líneas de flujo que muestran un pequeño flujo turbulento, pero sin formar torbellinos, por lo que no afectara negativamente el proceso de manejo del motociclista. Para información más detallada revisar el **ANEXO 6**

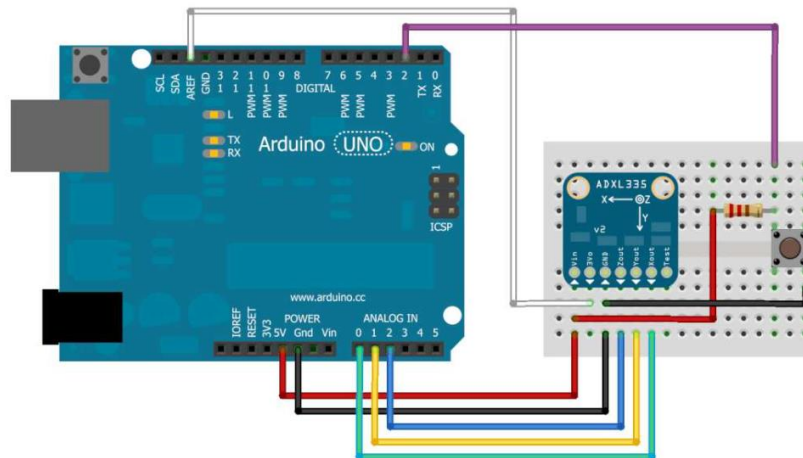
11. CONEXIÓN Y PRUEBAS INDIVIDUALES

En esta parte se encuentran los procesos de fabricación del casco y conexiones de los bloques por separado, así como los resultados de cada uno para ello se dividen las partes definiendo de forma más clara los conjuntos por separado debido a que en el apartado de resultados y análisis se encuentra el conglomerado que conforma la totalidad del proyecto.

11.1. DETECCIÓN DE ACCIDENTES – ACELEROMETRO

Para este caso lo primero que se realizó antes del uso del módulo fue la calibración de sus ejes, en donde se ubica el acelerómetro en las 6 posiciones posibles y se oprime el botón en cada una de ellas.

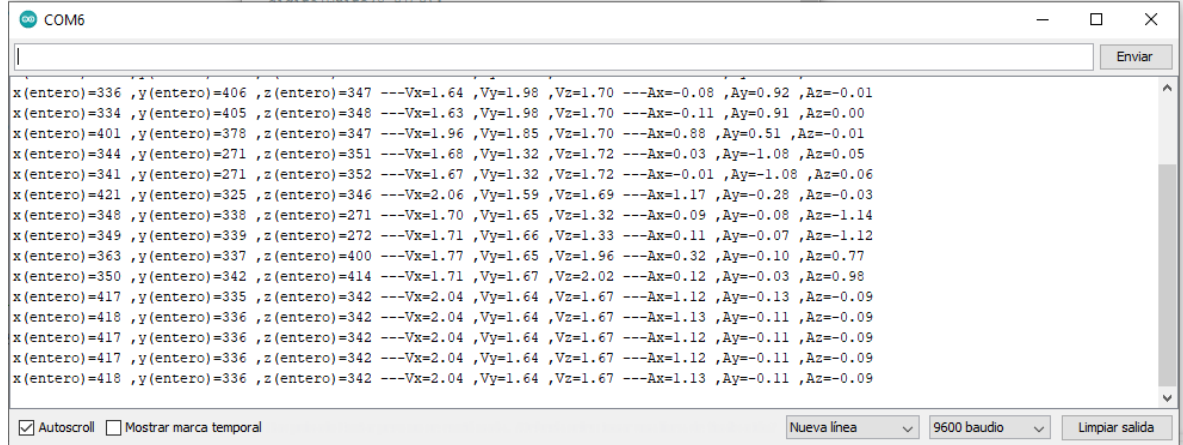
Figura 45. Calibración acelerómetro



Fuente vía web: <https://learn.adafruit.com/assets/2513>

Para las pruebas de funcionamiento se adecuó el código para imprimir en pantalla los valores del acelerómetro en donde podemos obtener los valores enteros de los ejes x,y,z, los valores en voltaje de x,y,z y los valores de aceleración que se encuentran en función de G de los ejes x,y,z.

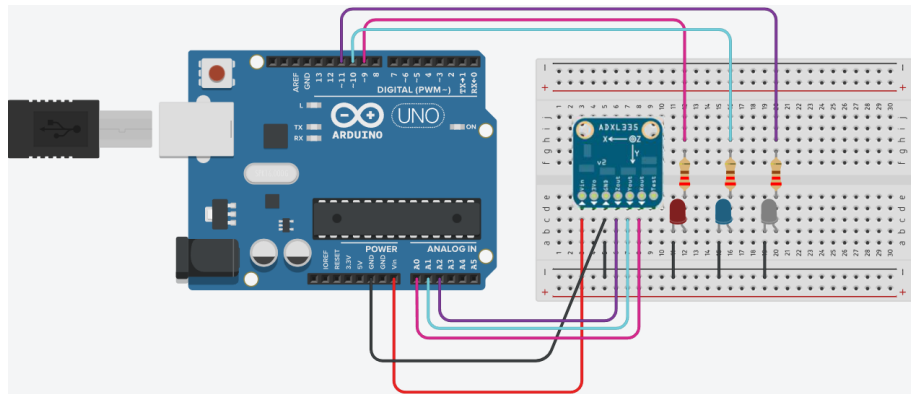
Figura 46. Lectura de los ejes del acelerómetro



Fuente: Autores

Una vez obtenidos los valores de los ejes, se procede a identificar en qué momento ocurre el accidente determinando posiciones críticas, las cuales serían el posicionamiento de la cabeza después del accidente, para poder emitir alertas en las posiciones ya definidas se usaron 3 LEDs que se iluminan cuando se encuentra en una posición crítica. En este caso se destinaron los colores, azul para el eje x, rojo para el eje y, amarillo para el eje z.

Figura 47. Conexión identificación de accidente



Fuente: Autores

Al momento de las pruebas se obtuvieron las posibles posiciones críticas que se presentarían después del accidente. En donde la cabeza de la persona estaría en una posición anormal en alguno de los 3 ejes cartesianos.

Figura 48. Posibles posiciones en el eje X



Fuente: Autores

En este caso, la cabeza de la persona se encuentra sobre sus laterales, es decir, sobre los oídos, ya sea derecho o izquierdo, lo cual no es una posición normal al manejar.

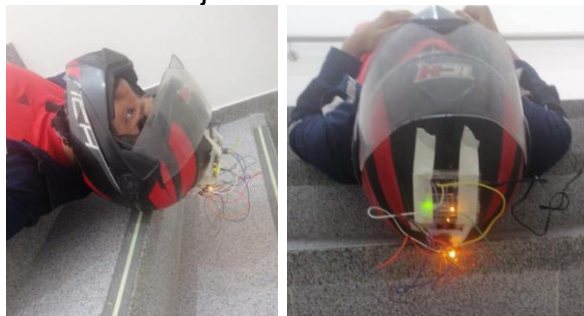
Figura 49. Posibles posiciones en el eje Y



Fuente: Autores

En este caso la persona se puede encontrar totalmente acostada sobre su espalda debido a que la cabeza esta totalmente inclinada hacia atrás, o se encuentra sobre su pecho porque la cabeza esta totalmente inclinada hacia adelante.

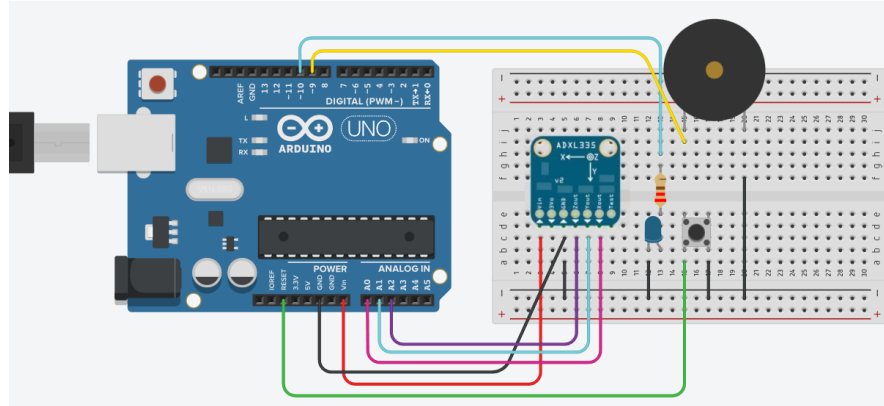
Figura 50. Posible posición en el eje Z



Fuente: Autores

En el último eje solo se tiene una posición anormal y esta puede variar su inclinación y es si la persona se encuentra en una colina o desnivel con la cabeza hacia abajo. Las pruebas de identificación de los ejes fueron exitosas y se iluminaron los leds correspondientes a cada uno. Para la conexión final se dirigieron las salidas a un solo led y se conectó el zumbador para emitir la alarma sonora en caso de que ocurra el accidente. Así como el botón de reset para anular una falsa alarma.

Figura 51. Conexión final identificación de accidente



Fuente: Autores

11.2. UBICACIÓN Y RUTA DE MANEJO – SHIELD GPS

Para el uso del prototipo se restringió la ruta de manejo al circuito cerrado del recorrido del bus UNAB, el cual se desplaza entre dos de las sedes de la universidad siendo la sede principal en el campus jardín y la segunda sede en el campus CSU.

Figura 52. Ruta UNAB

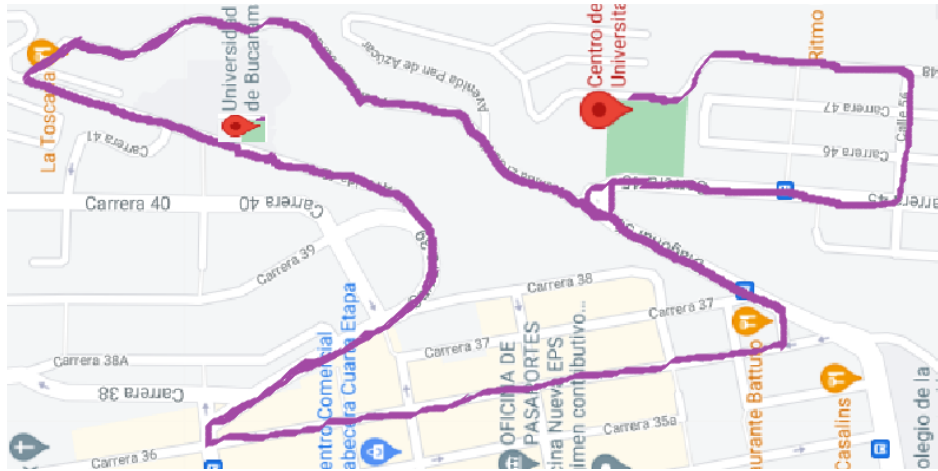


Fuente vía web:

https://unab.edu.co/sites/default/files/archivos/publicacion_noticias/MAILING-RUTAUNAB%20%284%29.jpg

En comparación a la figura 52, la ruta del bus UNAB cambio levemente debido a la modificación del sentido de una de las calles por las que transitaba, por lo que se eliminó la ruta por la avenida pan de azúcar. Así que, en la siguiente figura se muestra la ruta actual del bus UNAB.

Figura 53. Recorrido real del bus UNAB



Fuente: Autores

Para el trabajo con este Shield no se presenta mayor problema en las conexiones debido a que solo se debe poner encima de la placa del Arduino y conectarle la respectiva antena.

Figura 54. Conexión final para toma de datos - ubicación



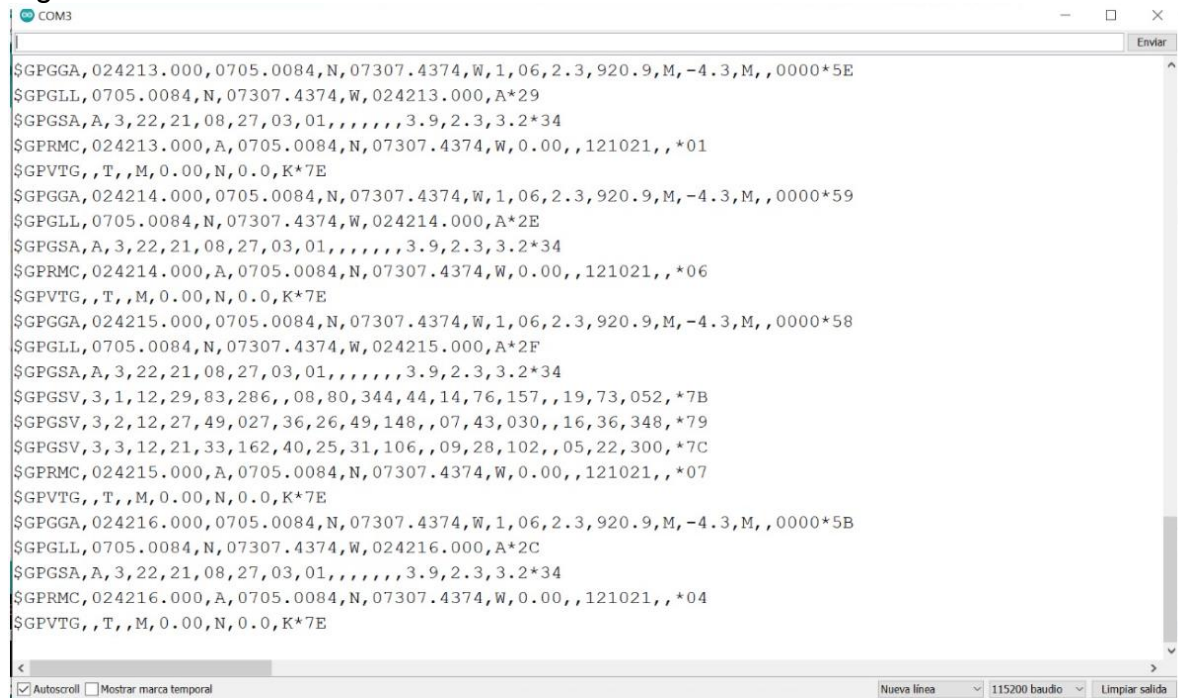
Fuente: Autores

Para usar este módulo se debe conectar una tarjeta SD si se desea tener un almacenamiento local, aun así, esto no interfiere en la toma de datos, lo que sí es requisito es que el módulo tenga conectada una antena para funcionar

correctamente. Se quiere añadir que para el primer uso de este módulo se debe estar en un espacio abierto, que no tenga edificios grandes alrededor y dejarlo conectado cerca de 20 minutos a media hora para que haga su primer feedback, después de esto la conexión se puede realizar de 1-3 minutos sin problema.

La primera prueba que se realizó fue para obtener las sentencias NMEA, ya que en estas se encuentran los datos de interés como latitud y longitud. Las líneas de mayor importancia son \$GPRMC en donde la primera letra que debe salir es una A que significa que el dispositivo está conectado y recibiendo señales, la segunda línea importante es \$GPGLL en donde están los datos de posicionamiento.

Figura 55. Resultados sentencias NEMA

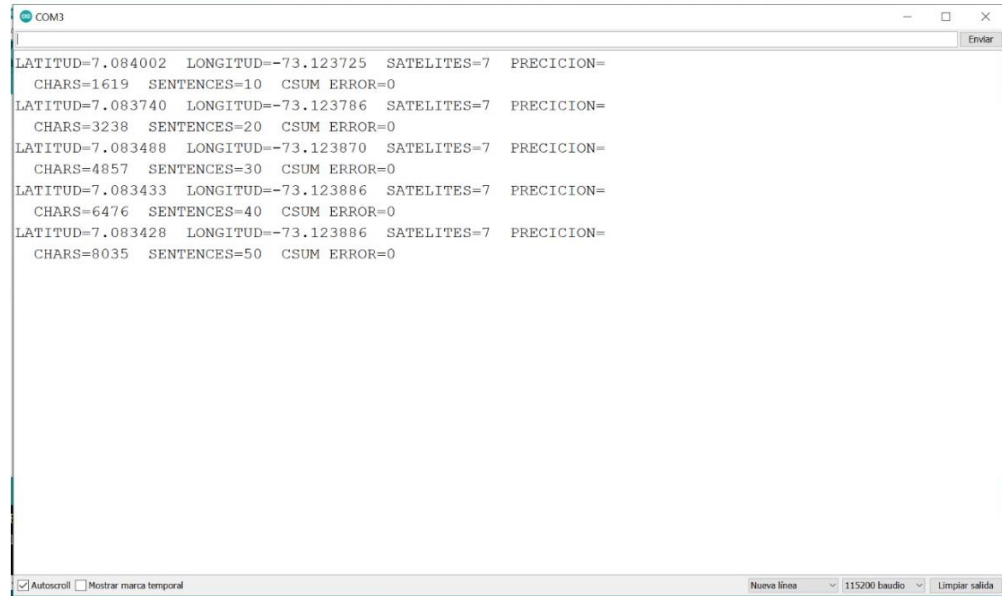


```
COM3
$GPGLL,0705.0084,N,07307.4374,W,024213.000,A*29
$GPGSA,A,3,22,21,08,27,03,01,,,,,,,,,3.9,2.3,3.2*34
$GPRMC,024213.000,A,0705.0084,N,07307.4374,W,0.00,,121021,,*01
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E
$GPGLL,0705.0084,N,07307.4374,W,024214.000,A*2E
$GPGSA,A,3,22,21,08,27,03,01,,,,,,,,,3.9,2.3,3.2*34
$GPRMC,024214.000,A,0705.0084,N,07307.4374,W,0.00,,121021,,*06
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E
$GPGLL,0705.0084,N,07307.4374,W,024215.000,A*2F
$GPGSA,A,3,22,21,08,27,03,01,,,,,,,,,3.9,2.3,3.2*34
$GPGSV,3,1,12,29,83,286,,08,80,344,44,14,76,157,,19,73,052,*7B
$GPGSV,3,2,12,27,49,027,36,26,49,148,,07,43,030,,16,36,348,*79
$GPGSV,3,3,12,21,33,162,40,25,31,106,,09,28,102,,05,22,300,*7C
$GPRMC,024215.000,A,0705.0084,N,07307.4374,W,0.00,,121021,,*07
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E
$GPGLL,0705.0084,N,07307.4374,W,024216.000,A*2C
$GPGSA,A,3,22,21,08,27,03,01,,,,,,,,,3.9,2.3,3.2*34
$GPRMC,024216.000,A,0705.0084,N,07307.4374,W,0.00,,121021,,*04
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E
```

Fuente: Autores

La siguiente prueba que se realizó, después de obtener una conexión exitosa, fue sacar los datos de interés de las sentencias NMEA en este caso se optó por tener las coordenadas de Latitud, Longitud y los satélites conectados o disponibles.

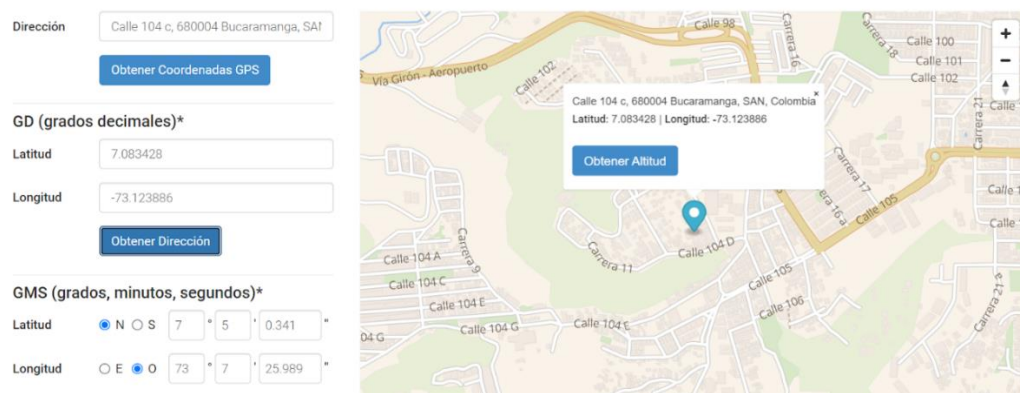
Figura 56. Datos de interés de las sentencias NMEA



Fuente: Autores

Al ingresar estos valores en una aplicación satelital se obtuvo el resultado que se ve en la siguiente figura, este dato corresponde al sitio en donde se realizó esta prueba.

Figura 57. Resultados en mapa de datos de ubicación



Fuente: Autores

La última comprobación que se realizó fue con la utilización de la tarjeta SD para tener un almacenamiento local, lo que se evidencia en el monitor serial es un conjunto de tramas más organizada por bloques, estos son los datos que se van guardando en la tarjeta SD.

Figura 58. Datos almacenados en tarjeta SD

```
RAWDATA: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
$GPGGA,030923.000,0705.0057,N,07307.4334,W,1,11,0.8,919.8,M,-4.3,M,,0000*5D
$GPGLL,0705.0057,N,07307.4334,W,030923.000,A*2E
$GPGSA,A,3,03,01,22,08,21,16,04,27,07,31,09,,1.4,0.8,1.2*3F
$GPGSV,3,1,11,04,67,248,34,08,67,359,40,21,42,151,37,09,39,300,35*77
$GPGSV,3,2,11,27,37,025,27,01,25,177,24,03,16,201,41,22,16,180,35*70
$GPGSV,3,3,11,16,15,034,38,07,11,327,37,31,08,118,29*4A
$GPRMC,030923.000,A,0705.0057,N,07307.4334,W,0.00,,121021,,*06
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E

$GPGGA,030924.000,0705.0057,N,07307.4334,W,1,11,0.8,919.8,M,-4.3,M,,0000*5A
$GPGLL,0705.0057,N,07307.4334,W,030924.000,A*29
$GPGSA,A,3,03,01,22,08,21,16,04,27,07,31,09,,1.4,0.8,1.2*3F
$GPRMC,030924.000,A,0705.0057,N,07307.4334,W,0.00,,121021,,*01
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E

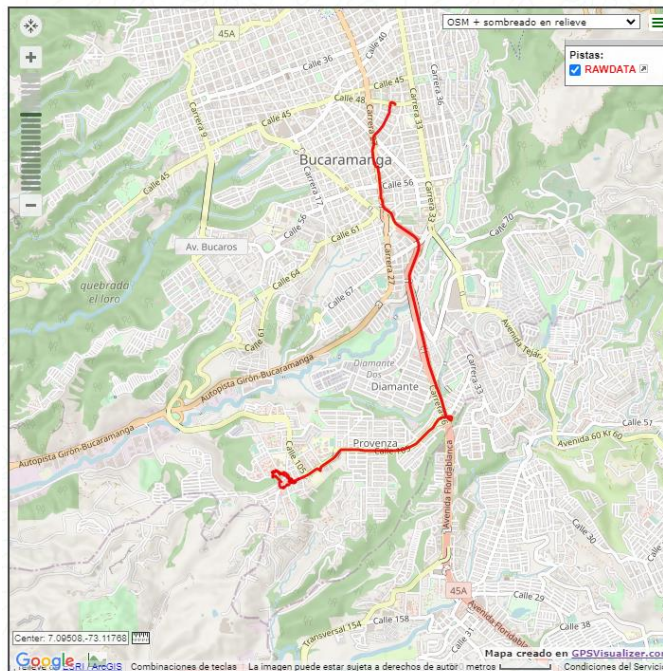
$GPGGA,030925.000,0705.0057,N,07307.4334,W,1,11,0.8,919.8,M,-4.3,M,,0000*5B
$GPGLL,0705.0057,N,07307.4334,W,030925.000,A*28
$GPGSA,A,3,03,01,22,08,21,16,04,27,07,31,09,,1.4,0.8,1.2*3F
$GPRMC,030925.000,A,0705.0057,N,07307.4334,W,0.00,,121021,,*00
$GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K*7E

$GPGGA,030926.000,0705.0057,N,07307.4334,W,1,11,0.8,919.8,M,-4.3,M,,0000*58
$GPGLL,0705.0057,N,07307.4334,W,030926.000,A*2B
$GPGSA,A,3,03,01,22,08,21,16,04,27,07,31,09,,1.4,0.8,1.2*3F
```

Fuente: Autores

Al realizar pruebas de campo con este último código, almacenando los datos en la tarjeta SD y posteriormente descifrarlos con el lector de datos GPS se pudo determinar la ruta de manejo en donde se obtuvo el siguiente resultado.

Figura 59. Primera prueba de almacenamiento



Fuente: Autores

En esta prueba el recorrido empieza desde el barrio Manuela Beltrán hasta la calle 48#28 en cabecera, se puede observar que la toma de datos es constante. Las siguientes pruebas que se hicieron fueron con el circuito cerrado del bus UNAB en donde se puede ver que hay una toma de datos en todo el recorrido, teniendo en cuenta que hay 2 pequeñas tramas que no corresponden al circuito UNAB, pero si corresponden al inicio de toma de datos en la calle 48 y fin de la emisión en la calle 52.

Figura 60. Pruebas de ruta en el circuito cerrado

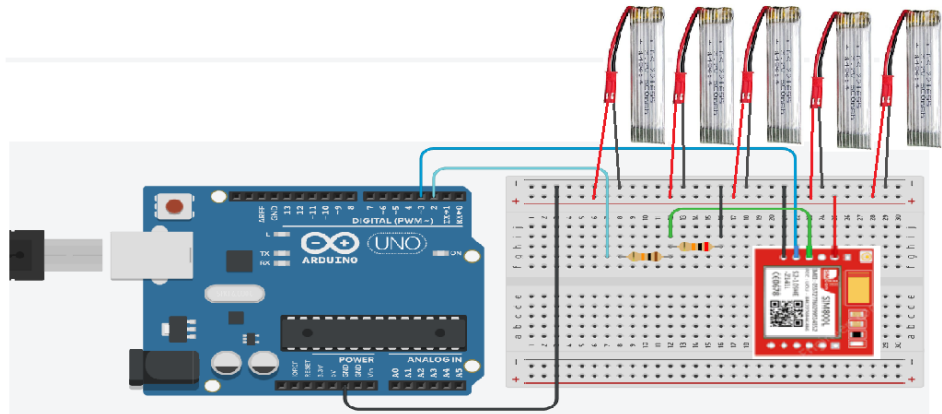


Fuente: Autores

11.3. ENVIO DE ALERTA MEDIANTE SMS – MODULO SIM800L

Para el uso del módulo SIM800L se deben tener ciertas cosas en cuenta al momento de realizar su conexión debido a que este no se puede conectar directamente al Arduino porque se puede quemar. En este caso en específico se usaron 5 baterías LiPo de 3,7 V y 500 mAh conectadas en paralelo para que el módulo pudiese funcionar correctamente, debido a que trabaja a un voltaje de 3,7 V y un amperaje de 2 A.

Figura 61. Conexión modulo SIMM800L



Fuente: Autores

El uso de este módulo es relativamente sencillo, porque después de conectarse y poner la SIM card se conecta solo a la red, después de la conexión del SIM800L a la red se probaron los comandos AT, inicialmente para verificar el IMEI del módulo con el que se registró para validar que fuese el mismo, para ello se usó el comando AT+CGSN, después se hizo la prueba de envío de mensajes usando estos comandos mostrados en la siguiente figura. Por motivos de privacidad se oculta el número de teléfono usado como contacto de emergencia, así como el numero del IMEI registrado.

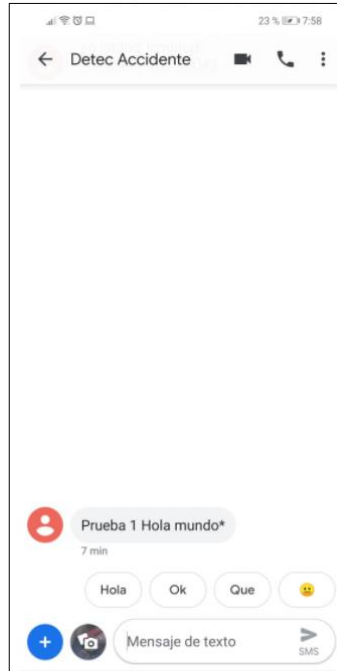
Figura 62. Respuesta ante códigos AT

```
COM7
Enviar
Iniciar comunicacion
AT
OK
AT+CGSN
86785603263 ****
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGS="+57313424 ****
> Prueba 1 Hola mundo*
+CMGS=62
Autoscroll [ ] Mostrar marca temporal Ambos NL & CR 9600 baudio Limpiar salida
```

Fuente: Autores

La respuesta o el mensaje que llego al celular fue el que se muestra en la siguiente imagen.

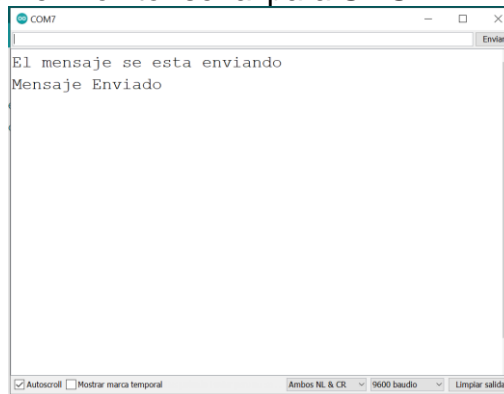
Figura 63. Mensaje prueba 1 con códigos AT



Fuente: Autores

En la siguiente demostración se declararon los comandos dentro del código para que no se mostraran en el monitor, con el fin de que al momento de implementar el circuito no se necesitara una interacción con la interfaz de Arduino, el resultado se muestra en la siguiente figura.

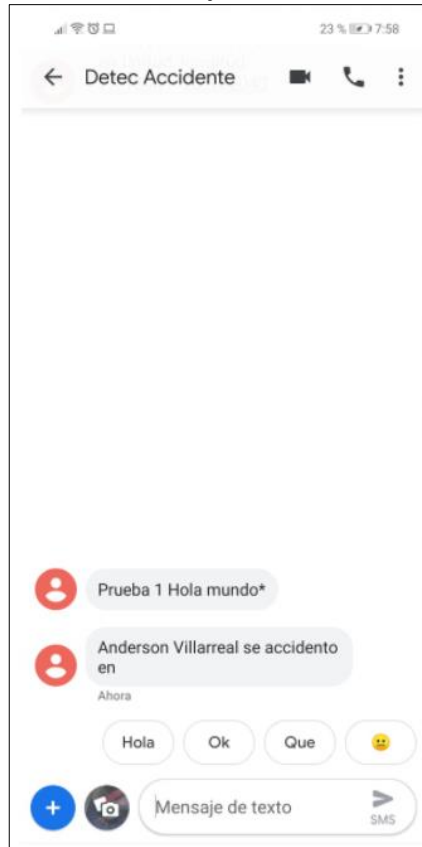
Figura 64. Respuesta en el monitor serial para SMS



Fuente: Autores

El mensaje que llego al celular se muestra en la siguiente figura.

Figura 65. Resultado de envio de mensajes



Fuente: Autores

12. CONSTRUCCIÓN

12.1. PROTOTIPO DE CASCO – IMPRESIÓN 3D

Para poder obtener el modelo físico del prototipo diseñado se usó la manufactura aditiva, en este caso la impresión 3D, aclarando que el producto obtenido es netamente ilustrativo para dar un acercamiento al diseño del arquetipo que se planteó, para este fin se imprimió la calota externa o carcasa en PLA.

Figura 66. Prototipo impreso

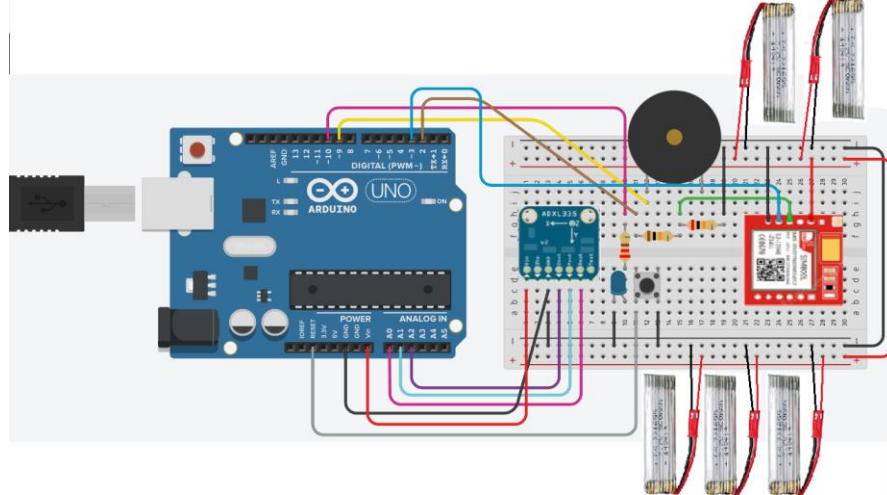


Fuente: Autores

12.2. IMPLEMENTACION FINAL

Para la implementación final del circuito se quitaron algunos pines de los módulos Arduino y GPS que no eran necesarios, pero en conexiones generales se realizó la que se muestra en la siguiente figura, teniendo en cuenta que el Shield GPS se encuentra encima del Arduino.

Figura 67. Conexión completa del sistema



Fuente: Autores

Después de la conexión completa del circuito se realizaron pruebas con el monitor serial en donde se obtuvieron los siguientes resultados. En estas pruebas se conecto la tarjeta SD y también se tomaron datos sin esta para demostrar que no interfiere en la transmisión de las señales.

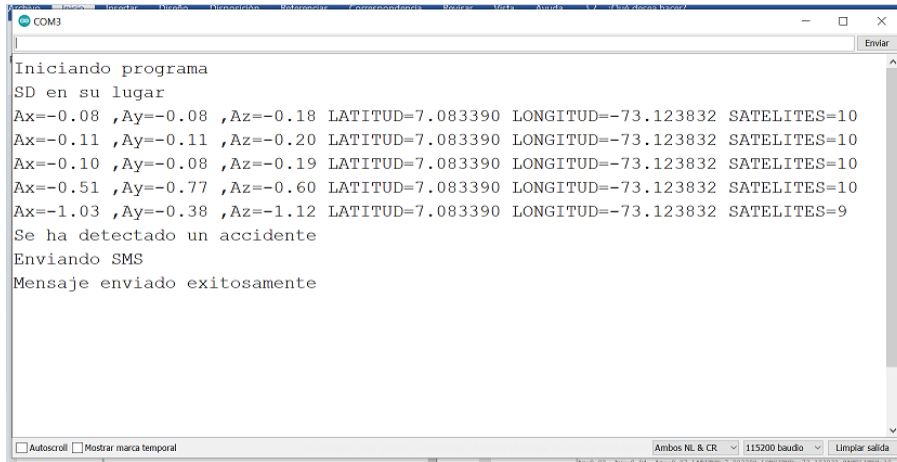
Figura 68. Primera prueba sin conectar SD

```
COM3
Iniciando programa
No se detecto tarjeta SD
Ax=0.03 ,Ay=0.03 ,Az=-0.06 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.03 ,Ay=0.05 ,Az=-0.06 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.02 ,Ay=0.02 ,Az=-0.07 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.03 ,Ay=0.03 ,Az=-0.06 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.06 ,Ay=0.08 ,Az=-0.03 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.05 ,Ay=-0.86 ,Az=-0.04 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.03 ,Ay=-0.96 ,Az=-0.06 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Se ha detectado un accidente
Enviando SMS
Mensaje enviado exitosamente
Ax=0.08 ,Ay=-0.80 ,Az=-0.01 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.06 ,Ay=-0.91 ,Az=-0.03 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Ax=0.02 ,Ay=-0.94 ,Az=-0.07 LATITUD=7.083390 LONGITUD=-73.123832 SATELITES=10
Se ha detectado un accidente
Autoscroll [ ] Mostrar marca temporal
Ambos NL & CR 115200 baudio Limpiar salida
```

Fuente: Autores

Como se observa en la imagen se da el mensaje de que no hay una tarjeta SD conectada pero aun así se toman los datos de posicionamiento de los ejes y de las coordenadas satelitales junto con los satélites disponibles.

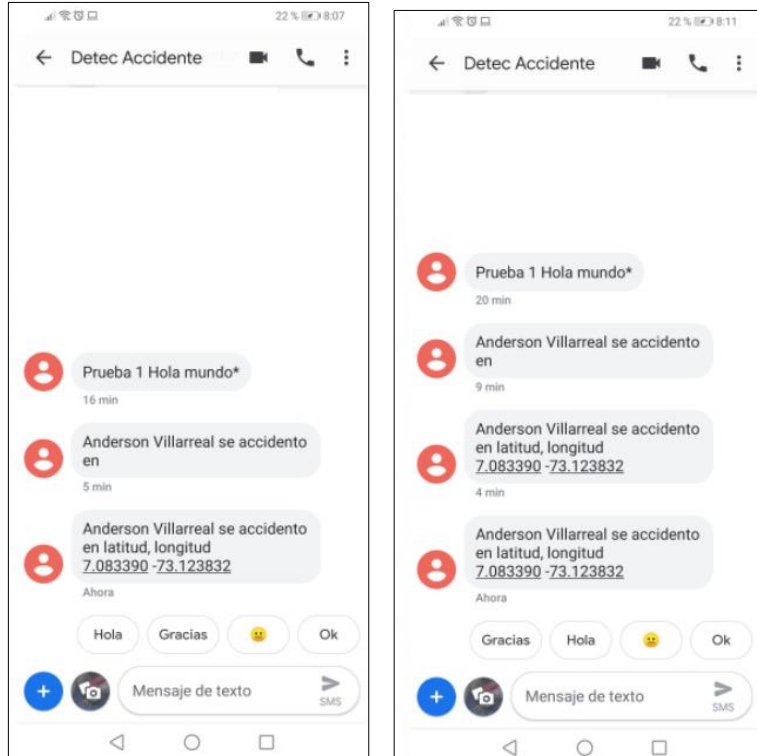
Figura 69. Prueba conectando SD



Fuente: Autores

Se realizo la misma prueba, pero para verificar el almacenamiento local y el resultado fue exitoso debido a que si se creó el block de notas en la SD con los datos de sentencias NMEA.

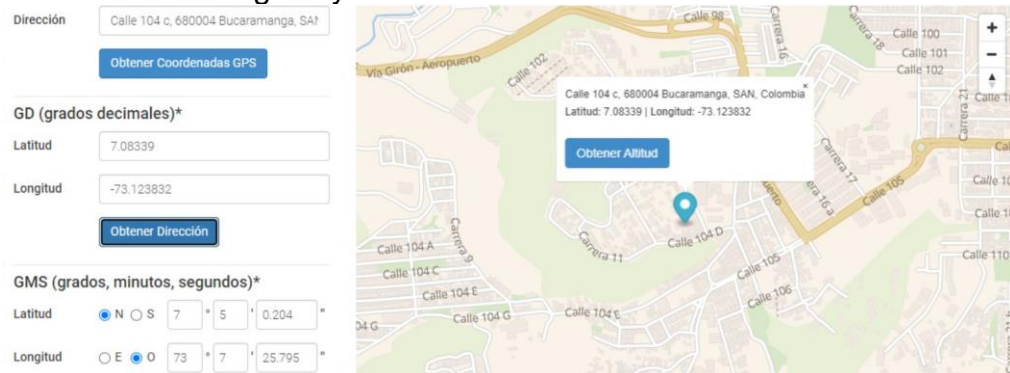
Figura 70. SMS enviados en ambas pruebas



Fuente: Autores

Como se puede ver en el resultado el envío de mensajes no se ve afectado sin portar que este o no conectada la tarjeta SD, porque esta solo se usa para tener un almacenamiento local de datos y así poder determinar el recorrido o ruta desde que se prende el sistema hasta que se detecta el accidente.

Figura 71. Datos de longitud y latitud del SMS



Fuente: Autores

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados el circuito se adapta a un casco comercial, en donde lo primero fue hacer el desmontaje de las piezas del casco para poder acomodar el circuito sin que se provocaran alteraciones en la estructura original del casco. Es decir sin perforar la calota externa.

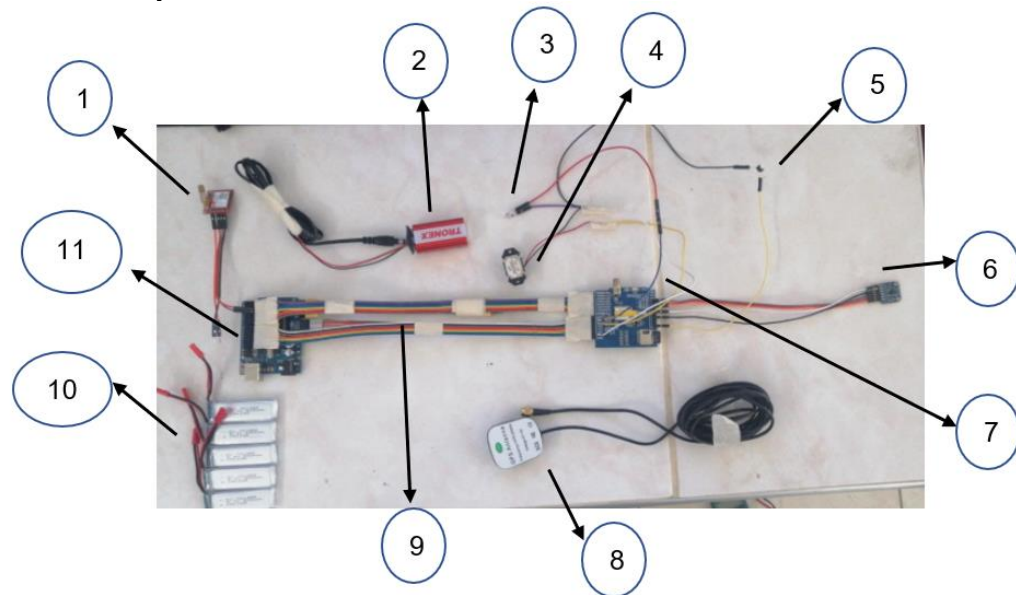
Figura 72. Casco comercial desarmado



Fuente: Autores

El montaje del circuito se hizo aprovechando los espacios huecos que trae el casco entre la calota externa, la calota interna y los acolchados, así se pudieron acomodar de tal manera que no afecten al conductor y cause problemas en su cabeza. En la siguiente figura se pueden observar las conexiones antes de introducirse en el caso, lo único que no se encuentra conectado son las baterías.

Figura 73. Montaje del circuito



Fuente: Autores

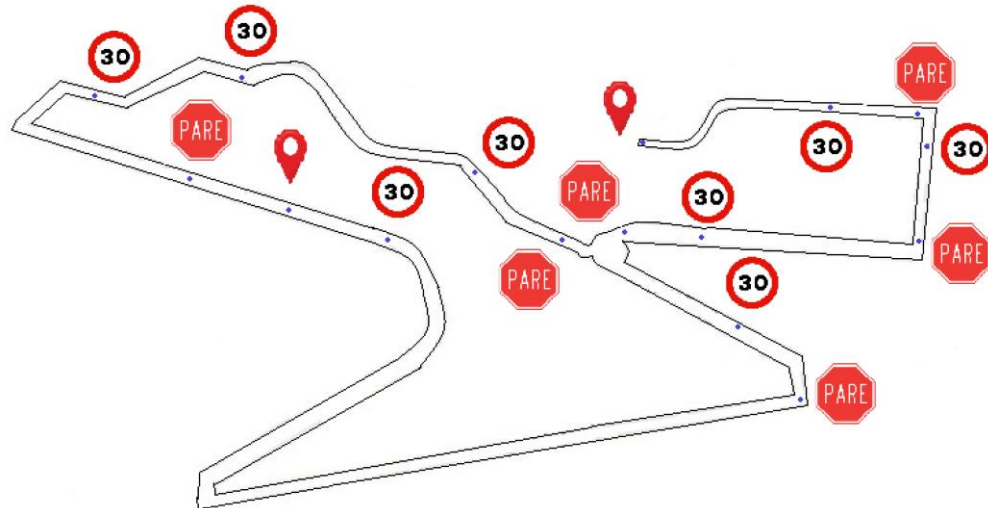
En donde los componentes de la figura se describen de la siguiente forma:

1. Modulo SIM800L
2. Batería recargable de 9V
3. Led del color de preferencia
4. Resonador de 9V (400hz)
5. Pulsador
6. Acelerómetro ADLX365
7. Shield GPS EB365
8. Antena GPS
9. Jumpers
10. Batería LiPo de 3,7 V y 2 A
11. Arduino UNO R3

13.RESULTADOS Y ANALISIS

Inicialmente se realizó un análisis del circuito cerrado que se delimito para el alcance del proyecto, esto con el fin de identificar señalizaciones y la velocidad de manejo por la ruta determinada, los pequeños puntos azules en la ruta es el lugar en donde esta cada una de las señalizaciones que están cerca de este.

Figura 74. Identificación y señalización del circuito cerrado



Fuente: Autores

El resultado del circuito implementado se ve en la siguiente figura, solo se pueden ver de manera externa el led y el pulsador debido a que la circuitería está dentro de la carcasa del casco.

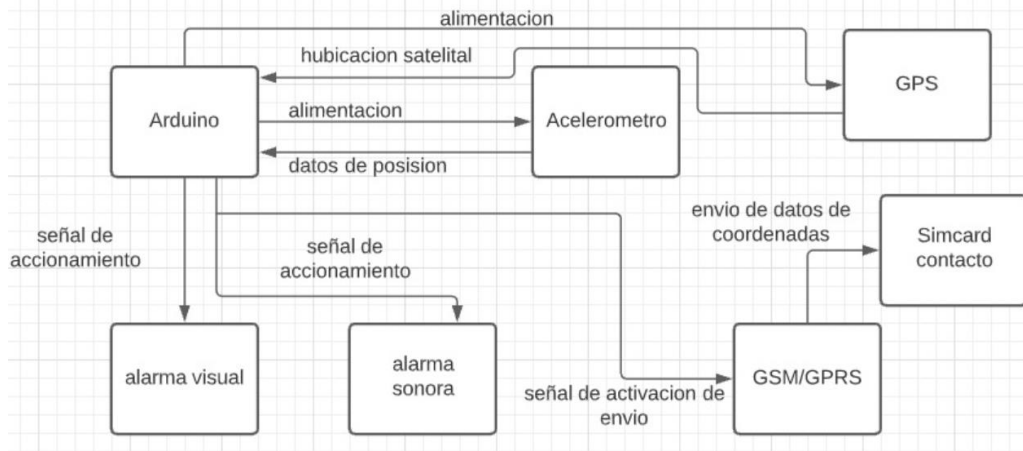
Figura 75. Circuito implementado en el casco



Fuente: Autores

Para poder entender de mejor forma las conexiones que se realizaron dentro del casco, se realizó un diagrama de bloques que muestra el funcionamiento de las conexiones del circuito implementado.

Figura76. Diagrama de conexión

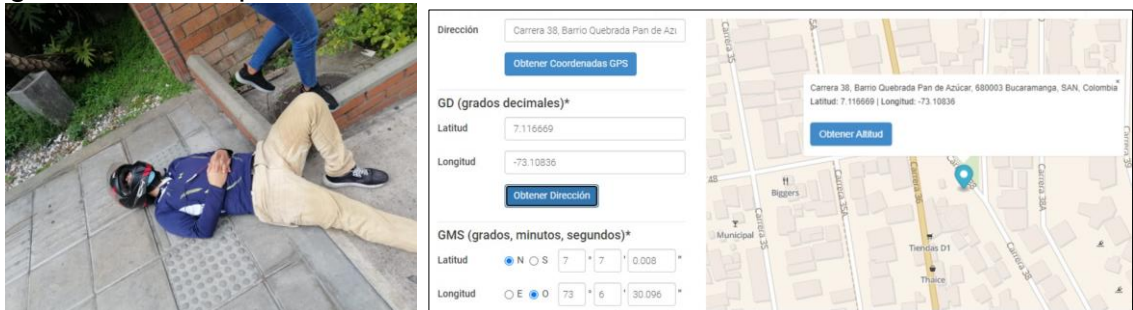


Fuente: Autores

Para el desarrollo de las pruebas finales se tomaron 5 puntos del circuito cerrado obteniendo los datos de las coordenadas, así mismo se quiere aclarar que estas primeras pruebas se realizaron con las posibles posiciones finales de la persona después de accidentarse, por lo que el sujeto de pruebas se encuentra acostado sobre la acera en alguna de las posiciones que puede tener al ocurrir el siniestro, también se realizaron pruebas con un muñeco de felpa el cual se tira para demostrar que el casco no sufre daños.

La primera simulación del accidente fue en la carrera 38 frente al hotel TRYP BUCARAMANGA cerca al centro comercial quinta etapa.

Figura 77. Primer punto de accidente



Fuente: Autores

La segunda simulación se realizó en la avenida 42 frente a la Casona de la UNAB, la primera y segunda prueba se realizaron con la persona apoyada sobre su espalda es decir que la cabeza de la persona se encuentra hacia atrás.

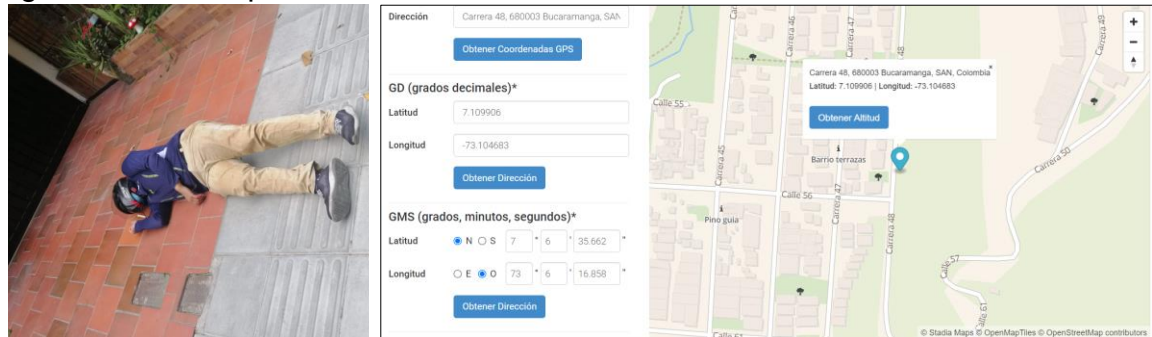
Figura 78. Segundo punto de accidente



Fuente: Autores

La tercera simulación se realizó por la carrera 48 en el barrio Terrazas antes de llegar a las instalaciones del CSU. En esta ocasión la persona se encuentra sobre uno de sus costados lo que significa que la cabeza de la persona se encuentra de lado o sobre uno de sus oídos.

Figura 79. Tercer punto de accidente



Fuente: Autores

La cuarta simulación se realizó en la carrera 47 frente al Centro de Servicios Universitarios (CSU) de la UNAB. En esta prueba se vuelve a tomar una posición de apoyo sobre la espalda.

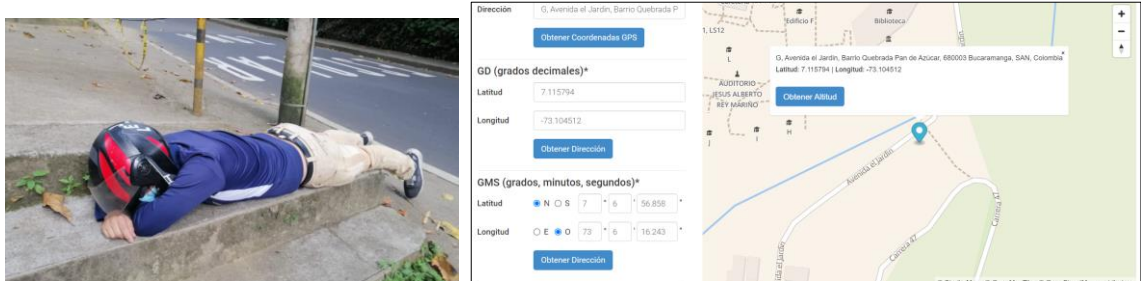
Figura 80. Cuarto punto de accidente



Fuente: Autores

La quinta y última simulación se realizó en la avenida El Jardín en la zona baja de la biblioteca del campus jardín y cerca a la parada del Metrolínea. En este caso, la persona se encuentra apoyada sobre su pecho por lo que la cabeza está totalmente hacia adelante.

Figura 81. Quinto punto de accidente

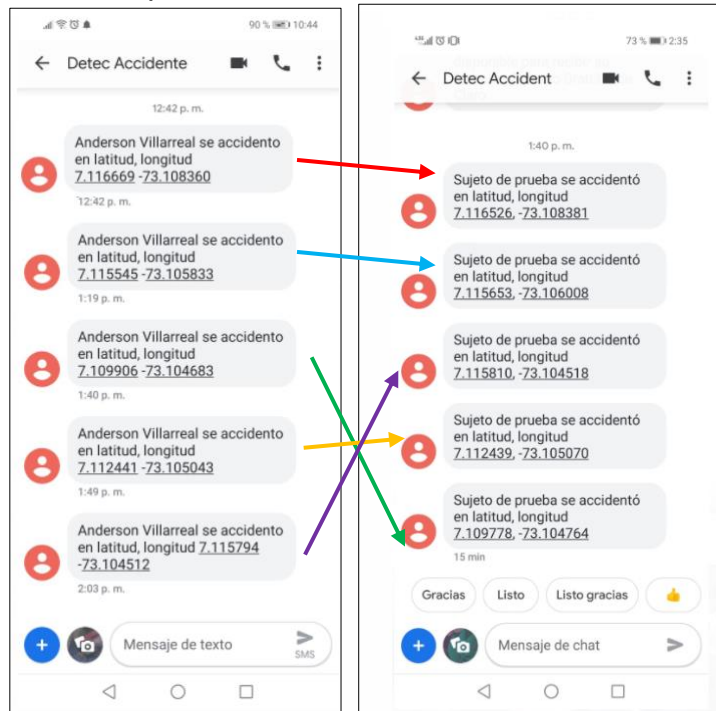


Fuente: Autores

Los resultados de los mensajes obtenidos se encuentran en la siguiente figura. En donde también esta la hora a la que llego cada uno, puede que de uno a otro existan varios minutos de diferencia porque el recorrido se realizo a pie con el fin de evitar inconvenientes con los conductores.

Para poder entender los datos que se ven en la figura 82 y comparar los mismos se debe tener en cuenta el orden de la toma de datos ya que cuando se realizaron las pruebas con el peluche hubo una pequeña variación con los puntos, para ello se señala con una flecha como corresponden los datos para comparar los mismos e identificar que las variaciones son mínimas. A cada pareja de datos se le asigno un color para que la identificación sea más sencilla. La imagen de la derecha corresponden a las pruebas con el peluche y la de la izquierda con el humano.

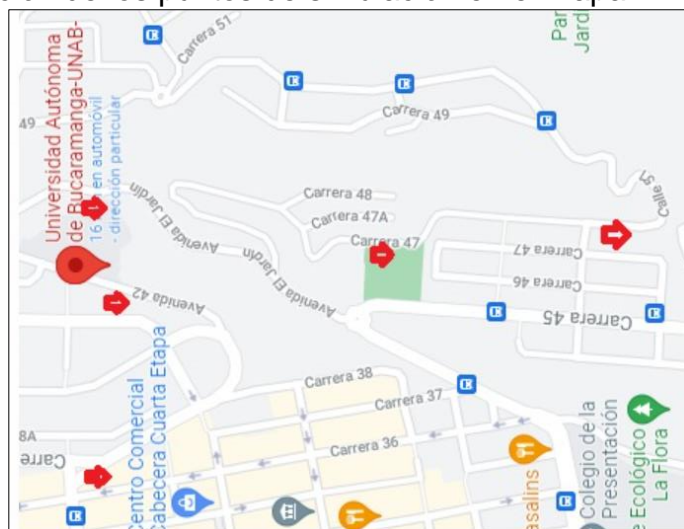
Figura 82. SMS enviados por el sistema durante las simulaciones



Fuente: Autores

Para visualizar los puntos seleccionados de una forma más cómoda se ubicaron con flechas rojas sobre el mapa para de igual manera observar la distancia entre los mismos.

Figura 83. Ubicación de los puntos de simulación en el mapa



Fuente: Autores

Los documentos necesarios para el uso del prototipo se encuentran en el **ANEXO 7** y los videos correspondientes se encuentran en el siguiente enlace **<https://www.youtube.com/channel/UCrvSEVtwkOvysR0N0EOWWpQ>**

13.1. DIFICULTADES DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO

El principal problema fue con el módulo GSM/GPRS debido al tema de homologación y registro, porque era una de las partes principales del proyecto y no era posible usarlo libremente, esta dificultad se presentó por el desconocimiento del uso del módulo y que no hay información completa en Internet para el uso del mismo. Así como la variación que se presentan en los módulos dependiendo del fabricante.

Desconocimiento sobre la primera conexión y uso de las antenas externas del Shield GPS EB365, porque al realizar su primera conexión se debe esperar un tiempo de entre 20 y 30 minutos para que tome datos normalmente, no se conocía este dato y se creía que el componente no funcionaba correctamente.

Poco espacio para maniobrar el circuito dentro del casco, esto sucede debido al tamaño de los componentes y la estructura de los cascos comerciales que no son fácilmente adaptables.

Al inicio no se contaban con los recursos económicos suficientes para adquirir todos los componentes del sistema lo que ocasionó retrasos en las pruebas.

14. PRESUPUESTO

Este presupuesto puede variar debido a la época en la que se realizó y teniendo en cuenta que algunos elementos no se encontraron en la zona de desarrollo y se solicitaron de otros lugares y también algunos elementos no tuvieron costos de adquisición, pero para dar un costo real el presupuesto se va a realizar como si fuese necesario costear todos los elementos.

Tabla 11. Presupuesto

ELEMENTO	REFERENCIA	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL + Envío
Arduino Uno	Genuino Uno R3	40.000	1	50.900
Shield GPS	GPS EB365	3.150.320	1	3.540.172
Antena GPS	1575.42 Mhz	25.000	1	35.900
Modulo GSM/GPRS	SIM800L	18500	1	24.900
Acelerometro	ADLX335	78.758	1	118.137
Batería LiPo	3.7 V a 500mAh	24.700	5	134.400
Batería Recargable	Beston 9V	35.200	1	46.100
Led	Azul	200	1	200
Resonador	3-12 V	3.800	1	3.800
Pulsador	Normalmente abierto	500	1	500
Jumpers	Macho-macho, Hembra-Macho, Hembra-Hembra	7.000	3	31.900
Casco motociclista	ICH3110	130.000	1	130.000
TOTAL				4.116.909

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Al momento de utilizar módulos con cobertura de empresas telefónicas es mejor usar los que estén permitidos en Colombia, de esta forma el proceso de registro es más sencillo, de lo contrario se debe realizar un proceso de homologación para que se permita el uso del módulo en territorio colombiano.

La obtención de sentencias NMEA para el trabajo con módulos GPS muchas veces depende de la frecuencia o capacidad de la antena por lo que es mejor usar antenas que estén diseñadas para el módulo con el que se va a trabajar o que al menos se encuentren en la misma frecuencia.

La conectividad para el envío y recepción de los mensajes depende de la conexión satelital por lo que puede tener pequeñas variaciones en los tiempos definidos en el código.

Cuando se hacen diseños no poligonales se presentan retos debido a que se deben trabajar con superficies y no se pueden crear cotas claras y al final el proceso de construcción industrial para grandes cantidades debe hacerse por inyección, moldeado o manufactura aditiva.

Es mucho mejor poder trabajar con un prototipo propio debido a que ya tiene las modificaciones para el acople del sistema, en cambio cuando se altera un producto hecho se debe tener cuidado para no generar daños estructurales y por ende falla del casco, así mismo se generarían menos complicaciones al momento del acople del circuito.

RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones son para que el proceso de desarrollo sea más práctico y el proyecto cumpla con los tiempos establecidos en el cronograma.

Realizar un análisis de los componentes que se piensan utilizar para no tener pérdidas de tiempo y dinero. Este análisis consiste en la disponibilidad y capacidad de trabajo de los elementos.

Realizar un circuito flexible que permita una mejor maniobrabilidad y que reduzca el espacio de implementación. Esto se puede hacer con el diseño de una tarjeta integrada.

Realizar una carga de las baterías después de cada prueba de accidente debido a que el resonador genera picos de descarga, así mismo llevar una batería extra en caso que se descargue la que esta conectada en la toma de datos.

Al momento de adquirir los productos verificar que estén nuevos y funcionales, sobre todo que tengan cobertura de funcionamiento en el lugar en el que se va a trabajar.

TRABAJO FUTURO

Diseñar un circuito en que solo se usen los componentes estrictamente necesarios incorporando todo el sistema en una sola placa para reducir espacio y mejorar conectividad.

Buscar una cooperación con empresas fabricantes para poder tener un producto final propio y con los estándares de la industria. Para ello se puede proponer un convenio con dichas empresas.

Las opciones que se encuentran a continuación son para aquellos estudiantes o personas que deseen continuar con el proyecto o tomar este proyecto como base para desarrollar uno nuevo.

Hacer una conexión de envío de datos a la nube orientando la aplicación y uso de los mismos a la industria 4.0.

Acoplar el sistema de alarmas a la motocicleta en caso de que el casco se dañe con el impacto o se salga de la cabeza de la persona, con esta opción también se podría implementar un sistema de alarmas para robo de motocicletas.

Hacer una depuración más a fondo de falsas alarmas, esto se puede hacer acoplando un sistema de respaldo de detección de accidentes como un giroscopio en el casco.

Se puede crear una app para que transmita los datos en tiempo real para conocer la ruta de manejo y poder tener un punto de ubicación o localización del accidente más rápido.

REFERENCIAS

- [1] J. Parviainen, J.Collin, T.Pihlström, J.Takala, K.Hanski and A.Lumiaho, «Automatic Crash Detection for Motor Cycles,» de *IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Dallas, TX, 2014, pp. 3409 - 3413, doi: 10.1109/IECON.2014.7049003.
- [2] S. U. Ahmed, R. Uddin and M. Affan, «Intelligent Gadget for Accident Prevention: Smart Helmet,» de *International Conference on Computing and Information Technology (ICCI - 1441)*, Tabuk, Saudi Arabia, 2020, pp. 1 - 4, doi: 10.1109/ICCI-144147971.2020.9213742..
- [3] D. Moscoso; D. Romero, «Desarrollo de un prototipo de radiobaliza para ciclistas, integrado en la bicicleta y el casco, con la capacidad de detección de impactos en la cabeza y emision de alertas,» Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2020. Tesis de Licenciatura.
- [4] B. Stewart, «Coming This Fall: The Augmented Reality Motorcycle Helmet,» *Popular Mechanics*, 28 May 2014.
- [5] J. Gualdrón, Diseño e implementación de un sistema electrónico de monitoreo de crecientes en los cauces de los ríos, Bucaramanga: UNAB, 2018.
- [6] C. Johnson, Cinemática del Trauma. Atención Pre hospitalaria Fundamentos, 2004.
- [7] GIANCOLI, C. DOUGLAS, FÍSICA. Principios con aplicaciones, 6 ed., vol. 1, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2006, pp 336. ISBN: 970-26-0776-0.
- [8] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger and E. Wasle, GNSS - Global Navigation Satellite System. GPS, GLONASS, Galileo and more, Austria: Springer Science & Business Media., 2007.
- [9] J. Berné, A. Anquela y N. Garrido, GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática, 1 ed., Valencia: Universitat Politècnica de València, 2014, ISBN: 978-84-9048-261-2.
- [10] J. Alambiaga, «Adquisición y procesamiento de información de posicionamiento GPS mediante dispositivo inalámbrico basado en Arduino,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2017.
- [11] Y. Bedoya, C. Salazar y J. Muñoz, *Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2013, p. 109.
- [12] C. Vilorio, J. Cardona y C. Lozano, «Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina,» *Ingeniería y Desarrollo*, nº 25, pp. 200 - 217, enero - junio 2009, ISSN: 0122-3461.
- [13] AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO. REPUBLICA DE COLOMBIA, «TENDENCIAS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. BANDA 700 MHz,» MinTic. Gobierno de Colombia, Bogotá D.C, 2020.

- [14] J. Restrepo, «Frecuencias operadores móviles en Colombia 2020. SocialTecno,» 16 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://socialtecno.com/2020/03/16/frecuencias-operadores-moviles-en-colombia-2020/>. [Último acceso: 2 Septiembre 2021].
- [15] Norma Técnica Colombiana NTC 4533, Cascos protectores y sus visores para conductores y acompañantes de motocicletas, motociclos y motocarros, Segunda actualización ed., Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2017.
- [16] C. Pascual, «Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas,» *Técnica Industrial*, pp. 76 - 80, 2012.
- [17] K. Craig, «Improving mechatronic-system desing. EDN Network,» 28 July 2011. [En línea]. Available: <https://www.edn.com/improving-mechatronic-system-design/>. [Último acceso: 2020].
- [18] D. Shetty and R. Kolk, MECHATRONICS SYSTEM DESIGN, Segunda ed., Stamford, USA: Cengage Learning, 2011, pp. 505, ISBN.13: 978-1-4390-6199-2, ISBN.10: 1-4390-6199-8, Available: <https://www.philadelphia.edu.jo/academics/ttutunji/uploads/Book%20-%20MSD%20by%20Shetty.pdf>.
- [19] S. Bajali and Dr.M. Sundararajan Murugaiyan, «WATEERFALL Vs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC,» *International Journal of Information Technology and Business Management*, vol. 2, nº 1, pp. 26 - 30, 29 June 2012, ISSN 2304-0777.
- [20] D. Casner, J. Renaud, R. Houssin and D. Knittel, «A novel design approach for mechatronic systems based on multidisciplinary design optimization,» de *ICAM 2012: International Conference on Automation and Mechatronics*, Oslo, Norway, 2013.
- [21] R. Barros, G. Duque, J. Rojas, L. Sánchez y J. Velosa, GRACE. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA, Dirección Gestión del Conocimiento ed., Bogotá D.C: Ediciones EAN, 2005, pp. 392, ISBN:: 978-958-8153-15-5.
- [22] E. Ortegón, J. Pacheco y A. Prieto, Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas, Santiago de Chile: CEPAL- SERIE manuales, 2005, pp. 125, ISSN impreso 1680-886X, ISSN electrónico 1680-8878, ISBN: 92-1-322719-1.

ANEXOS

ANEXO 1: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

GEODECIA ESPACIAL

La Geodesia espacial es la aplicación de técnicas para poder definir marcos de referencia y el estudio de la forma de la tierra, se basa en la recepción de señales electromagnéticas emitidas por satélites artificiales o satélites naturales como la luna y las estrellas. Para poder desarrollar esta técnica se tiene un principio de Tierra – Espacio, en el carácter de Tierra se cuenta con estaciones fijas que realizan un seguimiento del movimiento de los satélites u objetos astronómicos, mediante ondas electromagnéticas [9].

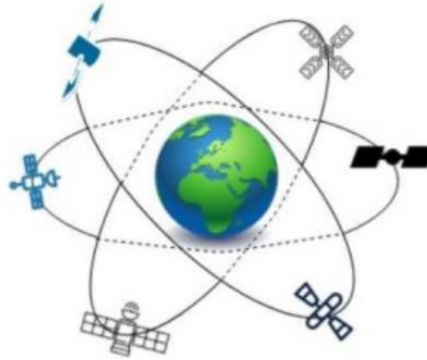
Las cuatro técnicas fundamentales que se utilizan en Geodesia para tener mayor precisión son:

- GNSS (Sistemas Satelitales de Navegacion Global)
- SLR (Satellite Laser Ranging)
- VLBI (Very Long Baseline Radiopositioning)
- DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite)

GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) es un sistema de posicionamiento conformado por constelaciones de satélites que están ubicados en distintos planos orbitales en donde se puede tener entre 20 a 30 satélites y de 3 a 6 planos orbitales [8].

Figura 1. Constelación de satélites alrededor del planeta



Fuente: Moscoso & Romero, (2020). Desarrollo de un prototipo de radiobaliza para ciclistas, integrado en la bicicleta y el casco, con la capacidad de detección de impactos en la cabeza y emisión de alertas.

Dentro del concepto GNSS se estandarizan los Sistemas de Navegación por Satélite que proporcionan un posicionamiento con cobertura global, ya sea de forma autónoma o con sistemas de aumentación, los más usados son GPS y GLONASS. Cada satélite tiene varios relojes atómicos y genera varias ondas en frecuencias de 1575.42 MHz y 1227.60 MHz, junto con códigos modulados que se emiten a la tierra en donde los receptores emiten estas señales y luego calculan sus posiciones [9].

Tabla 1. Componentes del GNSS

Segmento espacial	Satélites o sistemas GPS, GLONASS, COMPAS, GALILEO, QZS...
Segmento terrestre	Antenas GNSS y receptores multifrecuencias
Datos o aplicaciones	Determinar marcos de referencia Determinación de órbitas precisas Orientación y rotación de la tierra Productos Troposfera e Ionosfera Sistema de cobertura mundial

Fuente: J. Berné, A. Anquela & N. Garrido, (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática.

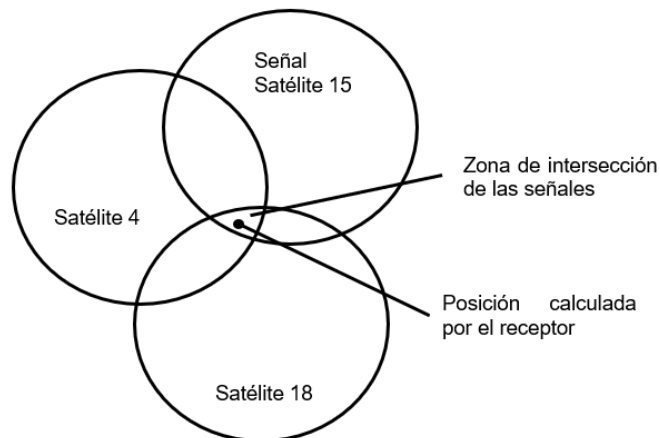
El receptor calcula la posición de los satélites a los que se encuentran enlazados y junto con los datos de navegación obtenidos puede calcular su posicionamiento mediante el principio de triangulación [3]

GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPSA) forma parte del sistema de comunicación GNSS en donde mediante la constelación NAVSTAR, permite proporcionar señales de posicionamiento, navegación e información de tiempos, tanto para uso militar como civil [9]

Este sistema utiliza señales satelitales para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, mediante el uso de 24 satélites que se encuentran en 6 orbitas, en cada una de ellas se encuentran al menos 4 satélites con separaciones de 90° . Se necesitan como mínimo 3 satélites de la constelación para hacer una triangulación de la se señales y obtener con mayor exactitud la posición. Cabe aclarar que la triangulación de estos 3 satélites es para navegación bidimensional, si se desea tener una navegación tridimensional incluyendo el dato de altitud se necesitan como mínimo 4 satélites [10].

Figura 2. Triangulación de posición.



Fuente: J. Alambiaga, (2017). Adquisición y procesado de información de posicionamiento GPS mediante dispositivo inalámbrico basado en Arduino.

El sistema GPS proporciona 2 servicios propios y presta 2 mas gestionados por instituciones públicas o privadas. Propios del sistema se encuentran:

- SPS: Servicio estándar de posicionamiento
- PPS: Servicio de posicionamiento preciso

Otorgados por agencias o instituciones se encuentran:

- PPP: Posicionamiento de punto preciso
- GPS diferencial: Es una mejora a la información de la constelación, mediante el uso de una red de estaciones terrestres [9].

Pero en términos de información se basan en lo mismo, el receptor GPS mide su distancia de los satélites y mediante esa información realiza el calculo para determinar la posición dependiendo del tiempo que la señal tarde en llegar al receptor, el envío de paquetes entre satélite y receptor se hace con el uso de comandos NMEA. National Marine Electronics Association (NMEA) se encarga de definir el protocolo estándar de comunicación de datos [10].

GLONASS

También se conoce como Sistema Mundial de Navegación por Satélites, es muy similar al GPS, pero se diferencia en que cada satélite emite una frecuencia diferente, el sistema GLONASS opera con 24 satélites, pero con 3 planos orbitales de 8 satélites en cada uno. El sistema garantiza una visibilidad de mínimo 5 satélites y una cobertura de navegación continua y global [9].

SLR

Satellite Laser Ranging (SLR) es un sistema de observación de distancia utilizando rayos láser, el funcionamiento de este método se basa el principio de pulso-eco en donde se envía un destello de luz laser, mediante un telescopio, a los reflectores de los satélites. El haz de luz viaja hasta el satélite y regresa al telescopio [9]

Tabla 2. Componentes del SLR

Segmento espacial	Satélites equipados con retroreflectores “corner cube”, LAGEOS, GEOS, altura 5900 km
Segmento terrestre	Transmisor de laser de corto-pulso
Sistema de medición, precisión cm	Tiempo de vuelo de ida y vuelta al satélite Laser YAG de Nd (cristal de Yrrio Aluminio Granate con iones de neodimio)

Fuente: J. Berné, A. Anquela & N. Garrido, (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática.

VLBI

Very Long Baseline Interferometry (VLBI) se basa en la interferometría, la cual consiste en emisiones de radio de fuentes muy lejanas, debido a que la distancia a dichos objetos desde la Tierra es tan grande, se considera que estos objetos están fijos en el espacio y se define un sistema inercial. Un interferómetro por dos o más antenas conectadas entre sí, pero separadas miles de kilómetros, que observan simultáneamente una fuente astronómica.

Tabla 3. Componentes del VLBI

Segmento espacial	Quásares (frec. Microondas) planetas, estrellas, galaxias
Segmento terrestre	Radiotelescopios, equipados con receptores de banda ancha
Sistema medición	La diferencia del tiempo de llegada del frente de onda radial emitido por un quásar a dos antenas de Tierra

Fuente: J. Berné, A. Anquela & N. Garrido, (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática.

Este método permite medir todos los componentes de orientación de la Tierra de forma continua y con precisión.

DORIS

Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) es un sistema de determinación de orbitas bajas en donde hay un receptor a bordo de un satélite artificial quien recibe una señal de una red con mas de 60 balizas instaladas en Tierra. Utilizando el principio Doppler se calcula la posición en donde una antena que apunta hacia el suelo recibe las ondas radioeléctricas enviadas por las estaciones y un oscilador asegura la precisión de las medidas y su datación [9]

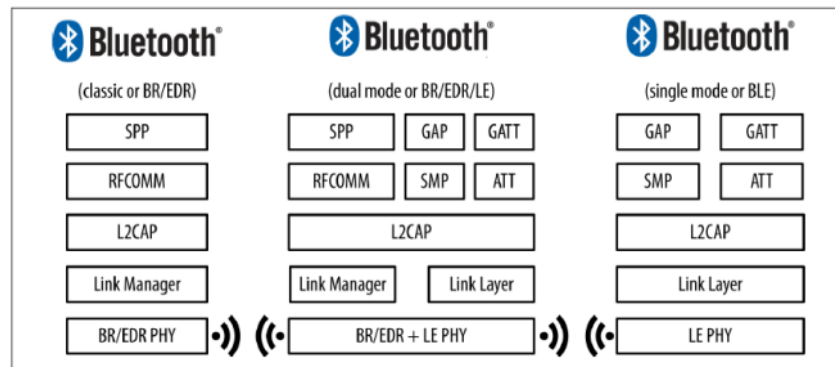
SISTEMAS INALÁMBRICOS

Las tecnologías inalámbricas permiten una ampliación en la libertad de los usuarios debido a que se prescinde de los sistemas cableados, se espera que este tipo de tecnología se complemente con las redes cableadas para generar redes híbridas que le permitan al usuario tener la mejor experiencia posible [16]

BLUETOOTH

Es una tecnología de transferencia de voz y datos mediante el uso de una conexión inalámbrica, se ha realizado una mejora a la tecnología Bluetooth denominada Bluetooth Low Energy dirigida a dispositivos de bajo consumo y corto alcance [3].

Figura3. Modos de los dispositivos Bluetooth



Fuente: Moscoso & Romero, (2020). Desarrollo de un prototipo de radiobaliza para ciclistas, integrado en la bicicleta y el casco, con la capacidad de detección de impactos en la cabeza y emisión de alertas.

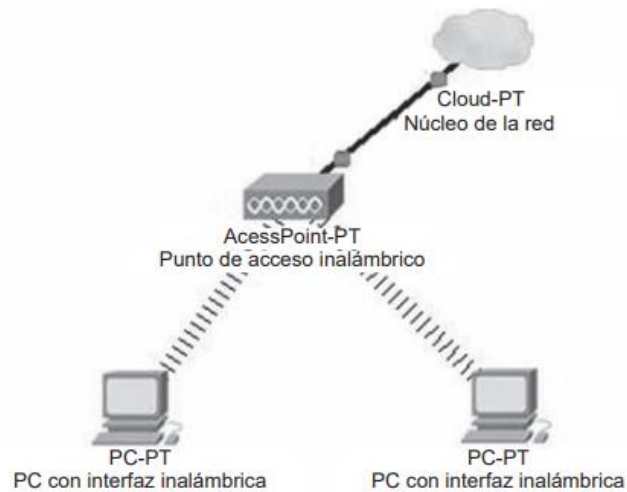
La tecnología Bluetooth está pensada para dispositivos de pequeño tamaño como como ordenadores personales y teléfonos móviles, en donde, permite establecer pequeñas redes de comunicación para que los dispositivos puedan intercambiar información entre sí [16].

Wi-Fi

Wireless Fidelity inicialmente fue pensado para conectar redes locales inalámbricas, pero hoy en día se usa para el acceso a Internet, para usarlo se necesita un punto

de acceso inalámbrico para transmitir y recibir datos a través de ondas de radio, así los dispositivos remotos, que cuentan con un transceptor, se comunican con el [12]

Figura 4. Diagrama de una red Wi-Fi



Fuente: C. Vilorio, J. Cardona & C. Lozano, (2009), Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina.

WiMAX

Es la abreviatura de Worldwide Interoperability for Microwave Access, esta tecnología inalámbrica diseñada para una red de área metropolitana con una cobertura de hasta 50 Km, utiliza una tecnología portátil LMDS, sin embargo, se pueden presentar problemas de transmisión si es una banda licenciada y los datos que viajan pueden estar expuestos [12].

Tabla 4. Principales características de la tecnología WiMAX

Características	Descripción
Sin línea de vista	No requiere línea de vista entre antena y equipo suscriptor
Modulación OFDM	Permite la transmisión simultanea de varias señales a través de cable o aire en diversas frecuencias. Usa espaciamiento ortogonal de frecuencias para prevenir interferencias.
Antenas inteligentes	Soporta mecanismos que mejoran la eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas

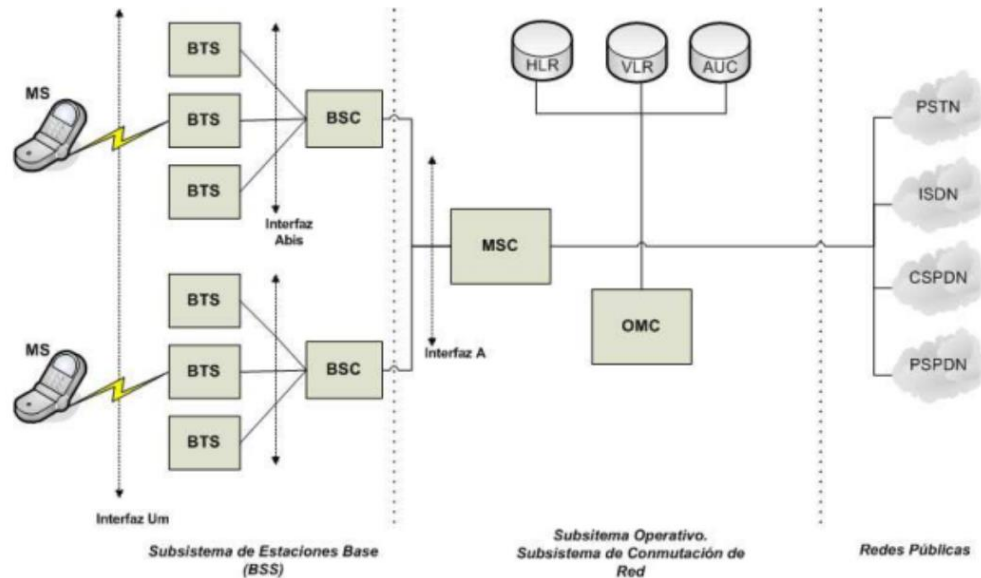
Topología punto-multipunto y de malla	Soporta topologías de punto a multipunto y de malla para conectar suscriptores
Calidad de servicio (QoS)	Califica la operación NLOS sin que la señal se distorsione severamente por la existencia de edificios, o condiciones climáticas
Seguridad	El estándar 802.16 utiliza certificación X.509 usando DES en modo CBC
Bandas bajo licencia	Opera en bandas licenciadas de 2.3 GHz y 3.5 GHz para comunicaciones exteriores
Canalización	5MHz y 10 MHz
Codificación	Adaptativa
Modulación	Adaptativa
Ecualización	Adaptativa
Potencia de transmisión	Controlada
Corrección de errores	ARQ
Acceso al medio	TDMA dinámico
Aprovisionamiento	TFTP y DHCP
Alcance	50 km sin línea de vista, 5 km en áreas densamente pobladas
Aplicaciones	Voz, video y datos

Fuente: C. Vilorio, J. Cardona & C. Lozano, (2009), Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina

GSM

Global System Mobile (GSM) es una red que utiliza transmisión móvil de voz y datos, en donde ofrece cobertura en lugares que no cuentan con ningún tipo de telefonía GPRS, este sistema inalámbrico usa tecnología digital y ofrece la transmisión de gran cantidad de datos a buena velocidad. La red GSM se divide en un sistema de conmutación, un sistema de estaciones base, por último, un sistema de operación y mantenimiento [11]

Figura 5. Arquitectura de la red GSM



Fuente: Y. Bedoya, C. Salazar & J. Muñoz, (2013). Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS.

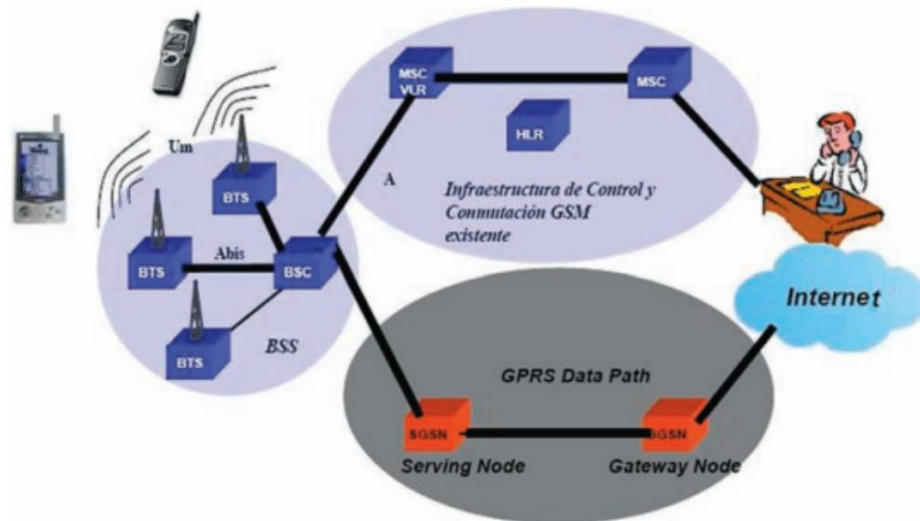
El estándar GSM se encuentra en continua evolución por lo que ofrece mas y mejores servicios como alta velocidad, servicio de datos multimedia, el uso de internet y redes alámbricas. Se apoya en la red de telefonía móvil para poder transmitir datos (GSM), esta tecnología presenta tres ventajas importantes para su extensión como lo son:

- Cobertura universal con antenas de tamaño reducido
- Módems GSM a precios competitivos
- Bajo consumo energético

GPRS

General Packet Radio Service (GPRS) es una tecnología inalámbrica que comparte el rango de frecuencia de las redes GSM, utiliza una transmisión de datos por medio de paquetes que es más adecuado que la conmutación de circuitos que se usaba al transmitir datos en GSM [12].

Figura 6. Diagrama de una red GPRS



Fuente: C. Vilorio, J. Cardona & C. Lozano, (2009), Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina.

Con GPRS la velocidad de transmisión va de 40 Kbps a 115 Kbps y permite compartir cada canal por varios usuarios mejorando la eficiencia de los recursos de la red, se puede decir que GPRS es una evolución no traumática de las redes GSM debido a que no se necesitan grandes inversiones y reutiliza gran parte de la infraestructura de las redes GSM [11].

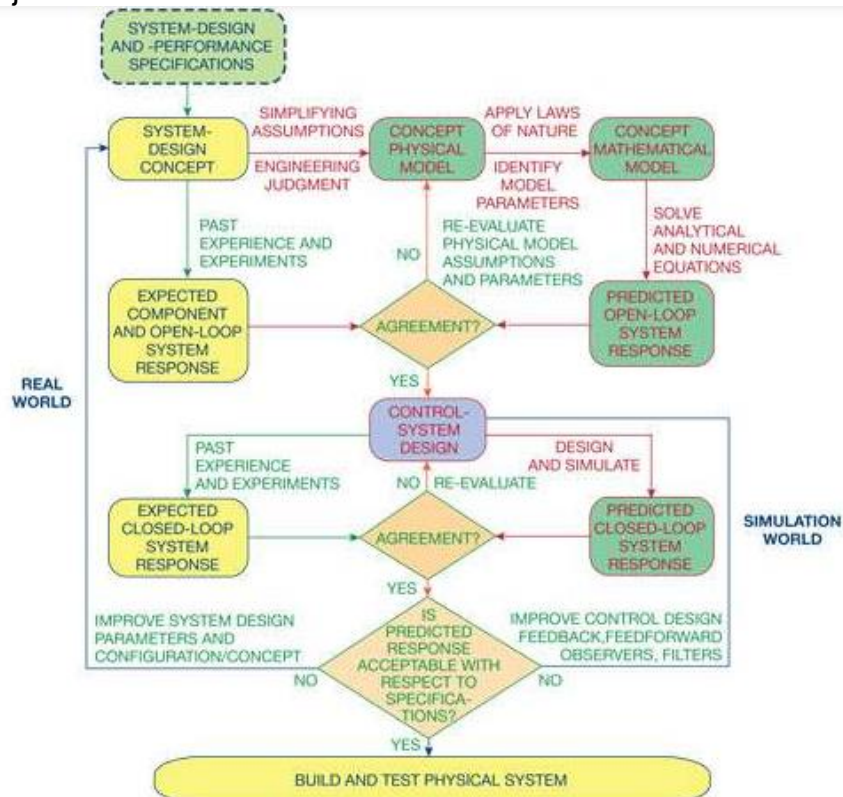
ANEXO 2: METODOLOGÍAS DE DISEÑO

Se encuentran las metodologías de diseño más usadas en procesos de ingeniería.

IMPROVING MECHATRONICS SYSTEM DESIGN PROCESS

El proceso de diseño de sistemas mecatrónicos es un modelo orientado a proyectos de simulación, pero puede ser adaptado a diferentes tipos de proyectos que tienen como finalidad emular en diferentes escenarios un producto, simularlo con diferentes modelos, antes de ser lanzado al mercado, con esto se tiene un mínimo de errores y se evita el incremento de costos para arreglar posibles defectos. Su objetivo es reducir el riesgo de incumplimiento de los requisitos funcionales por lo que se puede hacer una identificación temprana y de forma continua durante todo el recorrido del trabajo de diseño [17].

Figura1. Mejora del diseño de sistemas mecatrónicos



Fuente: K. Creig, (2011), Improving mechatronics-system design.

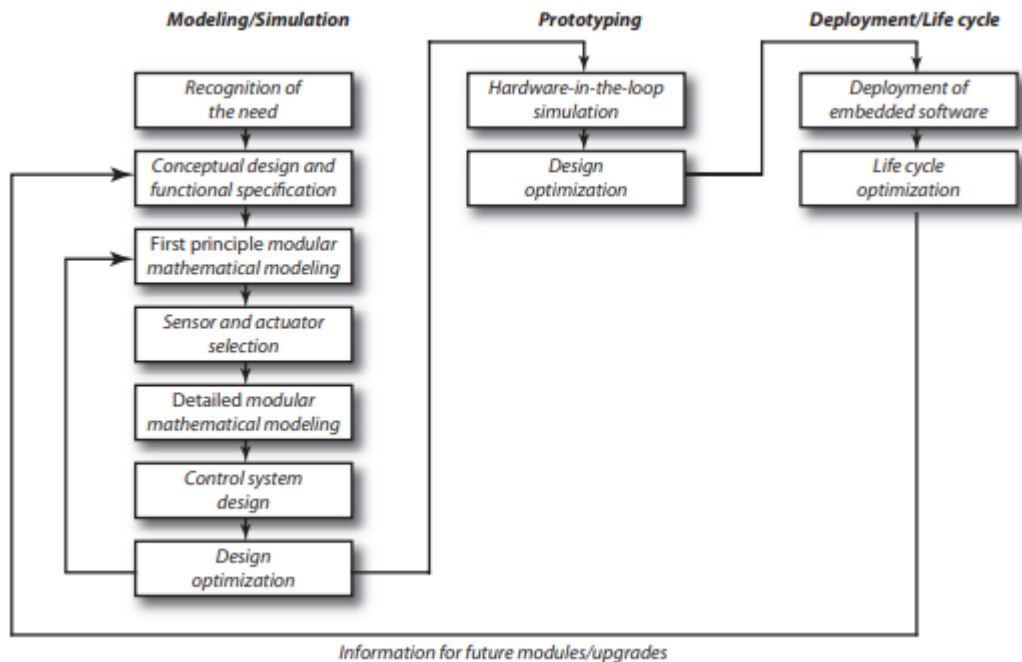
MECHATRONIC DESIGN PROCESS

El proceso de diseño mecatrónico tiene un enfoque mas tradicional, este se centra en el ciclo de vida del producto en donde este se divide en etapas:

- Modelado y simulación
- Prototipado
- Entrega y ciclo de vida

En el desarrollo del ciclo de vida del producto se tienen en cuenta las etapas de diseño del mismo, como resultado se tienen productos con un diseño que inicia desde su concepción y termina en su jubilación, este enfoque se emplea principalmente en el desarrollo de gadgets o maquinas [18].

Figura 2. MECHATRONICS DESIGN PROCESS

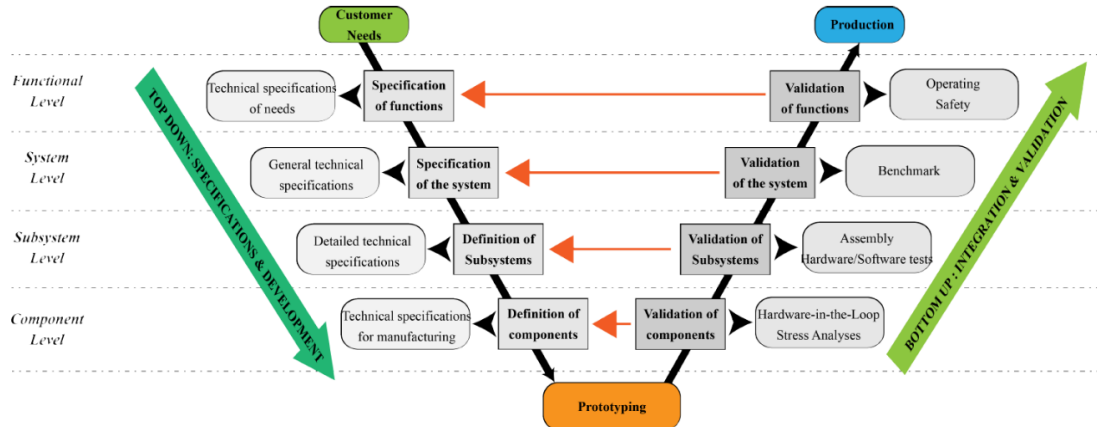


Fuente: D. Shetty & R. Kolk, (2011), MECHATRONICS SYSTEM DESIGN

V-MODEL

El modelo en V fue desarrollado por la administración federal alemana para poder regular los procesos de desarrollo del software, pero para el año 2004 este fue adaptado por Verein Deutscher Ingenieure (VDI) en los procesos mecatrónicos, este modelo describe el cómo y el cuándo, en donde siempre se hace una comprobación de la etapa anterior antes de pasar a la siguiente etapa [19].

Figura 3. V-Model approach for designing mechatronics systems



Fuente: D. Casner, J. Renaud, R. Houssin & D. Knittel, (2013), Anovel design approach for mechatronic systems base don multidisciplinary design optimization

Este es uno de los modelos más usados, aunque generalmente se usa para el desarrollo de prototipos su implementación inicial fue en el desarrollo de software.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del modelo en V.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Es similar al modelo en cascada, pero con etapas de retroalimentación. - El testea se realiza como requisito en cada fase. - Los cambios de requisito son posibles en cualquier fase. 	<ul style="list-style-type: none"> - Una de sus mayores desventajas es que es muy rígido dando poca flexibilidad a los cambios. - Si ocurre algún cambio a mitad del proceso, los requisitos, documentación y pruebas deben ser actualizados. - No es útil en proyectos a corto plazo porque se requiere una revisión en cada etapa.

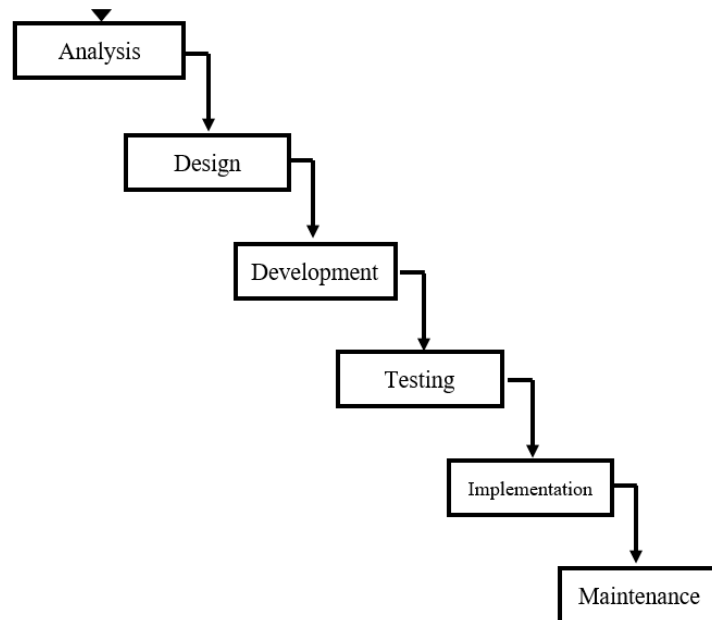
Fuente: S. Balaji & Dr.M.Sundararajan Murugaiyan, (2012), WATEERFALL Vs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC

WATERFALL MODEL

El modelo en cascada es un proceso de secuencias de paso a paso en donde no se pasa al siguiente eslabón sin completar el anterior, no existe una retroalimentación y no se admiten cambios una vez que se da inicio al proceso, por

lo que los requerimientos deben pasar por un proceso previo de análisis y deben definirse antes de empezar el desarrollo del proyecto [19].

Figura 4. Waterfall Model Life Cycle



Fuente: S. Balaji & Dr.M.Sundararajan Murugaiyan, (2012), WATEERFALL Vs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC

Tabla 2. Ventajas y desventajas del modelo en cascada

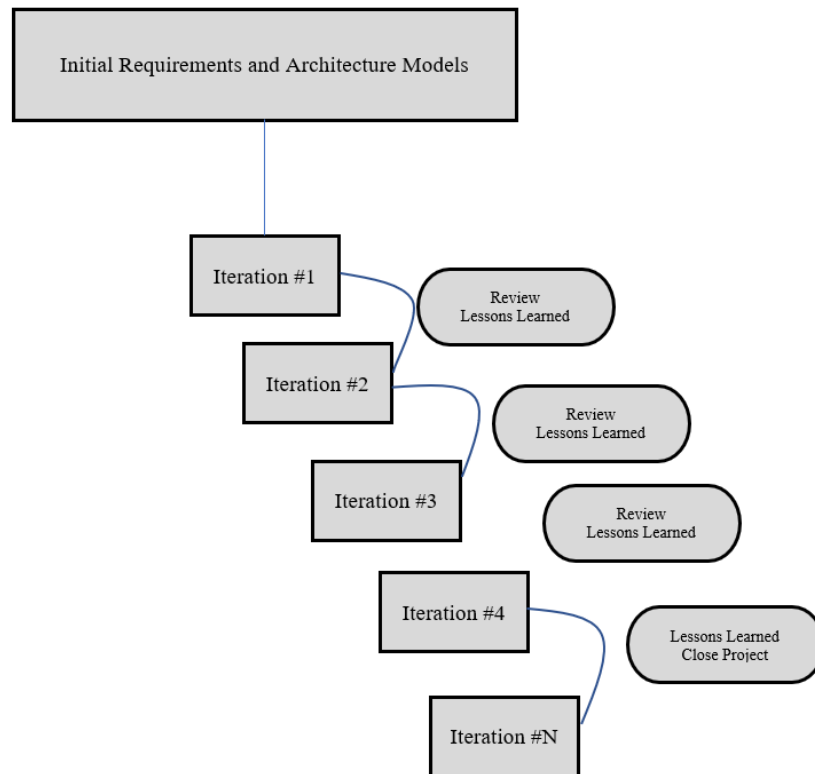
VENTAJAS	DESVANTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - El requisito es claro antes de que empiece el desarrollo. - Cada fase se completa en un periodo de tiempo específico, después de eso pasa a la siguiente fase. - Como modelo lineal, es fácil de implementar. - Los recursos para implementarlo son mínimos. - Se sigue la documentación adecuada de cada fase para la calidad del desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se da un sistema mal estructurado sin los problemas de fase no se resuelven y esto es común debido a que no hay una retroalimentación en las fases. - Si el cliente desea que se cambien el requisito no es permitido en el desarrollo actual del proceso por lo que debe empezar de nuevo.

Fuente: S. Balaji & Dr.M.Sundararajan Murugaiyan, (2012), WATEERFALL Vs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC

AGILE MODEL

El modelo agil es una metodologia de pequeñas entregas, se adapta de forma facil a los cambios continuos en donde se hace una entrega rapida y continua, es util y muy utilizada en pequeños proyectos por su adaptabilidad a los cambios, pero es inutil para proyectos extensos o que tengan pautas fijas que no sea posibles de modificar [19]

Figura 5. Agile Model Life Cycle

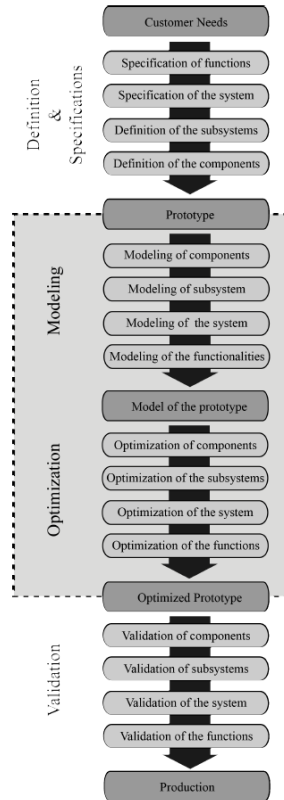


Fuente: S. Balaji & Dr.M.Sundararajan Murugaiyan, (2012), WATEERFALL Vs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC

MODELO EN V OPTIMIZADO

Se aplica un nuevo enfoque MDO para el diseño de sistemas mecatrónicos complejos en donde se realiza una mejora del V-Model haciendo un enfoque en la fase de modelado y proceso de optimización con el fin de conseguir una mejora en el prototipo, este enfoque se aplica a sistemas mecatrónicos que desarrollen productos en general, esto es con el fin de evitar fallas en los productos finales [20].

Figura 6. Schema of the proposed design approach for the design of mechatronic systems



Fuente: D. Casner, J. Renaud, R. Houssin & D. Knittel, (2013), Anovel design approach for mechatronic systems base don multidisciplinary design optimization

METODOLOGIA GRACE

Fue creada por la universidad EAN en donde GRACE es un acrónimo que significa:

Gestión
Requerimiento
Arquitectura
Construcción
Evolución

En esta metodología lo más importante es la correcta identificación del problema, es decir el motivo de desarrollo del proyecto, para cada fase hay una serie de preguntas a resolver que permiten identificar y entender de forma efectiva la dirección del proyecto. Se puede usar en el desarrollo de proyectos de ingeniería de cualquier universidad [21].

METODOLOGÍA MML

La Matriz de Marco Lógico fue creada inicialmente para resolver 3 problemas comunes en los proyectos en donde:

- Los proyectos carecían de precisión
- Los proyectos no se ejecutaban exitosamente
- Los proyectos que no tenían una imagen clara de tener éxito

Esta metodología se ha convertido en una herramienta para facilitar el proceso de conceptualizar, diseñar, ejecutar y evaluar los proyectos. Su principal enfoque se encuentra en los objetivos, los grupos beneficiarios y en facilitar la participación y comunicación de las partes interesadas [22].

Figura 8. Marco lógico y ciclo de vida del proyecto



Fuente: E. Ortegón, J. Pacheco & A. Prieto, (2005), Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.

ANEXO 3: ANALISIS DE COSTOS GENERAL

Tabla 1. Análisis de costos general

ITEM	PRESENTACIÓN	PRECIO (COP)	MAQUINAS	PRECIO (COP)
Lamina ABS 5mm	1,2 m* 2,4 m	\$ 11.631,0	Termoforjadora por vacio	\$ 11.805.465,0
Polietileno expandido 25,4 mm	0,9 m * 0,9 m	\$ 1.938,5	Cortadora laser	\$ 13.569.500,0
Reata de amarre 25,4 mm	1 m	\$ 2.600,0	Decapadora/ Pistola de calor	\$ 77.540,0
Broche de seguridad	1*25,4 mm	\$ 775,4	Remachadora	\$ 96.925,0
Sistema embebido	Arduino uno R3	\$ 50.900,0	Taladro	\$ 232.620,0
Modulo GPS	Shield GPS EB365	\$ 3.540.172,0	Herramientas manuales	\$ 775.400,0
Modulo GSM/GPRS	SIM800L	\$ 24.900,0	Gasto inicial de capital	\$ 300.000.000,0
Acelerometro	ADLX335	\$ 118.137,0		
Sistema de alarmas	Buffer y LED	\$ 4.000,0		
Bateria 9v	Beston 9 V	\$ 46.100,0		
Bateria Lipo	3,7 V a 500 mAh	\$ 134.400,0		
Antena GPS	1575.42 MHz	\$ 35.900,0		
Pulsador	Normalmente abierto	\$ 500,0		
Jumpers	Macho-macho, Hembra-Macho, Hembra-Hembra	\$ 31.900,0		
TOTAL ITEMS Y MAQUINAS		\$ 4.003.853,9		\$ 326.557.450,0
TOTAL		\$ 330.561.303,9		
Costo de produccion 1 casco	\$ 4.250.000		Cantidad de cascos	77
Mano de obra	\$ 30.000		# Cascos para ganancia	78
Costo de venta	\$ 4.280.000			

Fuente: Autores

Este análisis se hace con el supuesto de crear una fabrica por lo que se ven costos elevados sobre todo por la compra de maquinaria para efectuar los diferentes procesos de manufactura, por lo que se hará una leve explicación de lo que se muestra en la Tabla 1

En la columna de ítems se encuentran los insumos necesarios para la elaboración del casco, algunos tienen costos elevados porque no se encuentran en Colombia y es necesario pedirlos del exterior, en la parte de maquinas se encuentran las necesarias para elaborar los diferentes procesos para poder moldear los materiales y así poder crear las diferentes calotas, en la parte de herramientas manuales se encuentran pinzas, equipo de soldadura y demás, para el gasto inicial se encuentran cosas como el alquiler del lugar en donde se va a disponer la empresa, compra de inmuebles, pago de servicios y transporte de material, pagos de impuestos y demás.






Finalizando se encuentra el costo de producción y de venta, se nota que es un valor elevado por lo que se trabajan con los precios de valor por unidad, posiblemente para producciones industriales bajen los precios por las cantidades que se hacen de insumos, también es costoso debido a que algunos de los elementos son necesarios pedirlos del extranjero porque no se encuentran en territorio colombiano.

ANEXO 4: PASOS ANTES DE USAR UN MODULO GSM/GPRS







Lo primero que se debe hacer antes de comprar el módulo es verificar si este está homologado para el país en el cual se va usar, en el presente caso es en Colombia y esto se puede verificar en la página de comisión de regulación de comunicaciones, en tramitescrcom.gov.co.

- Se debe seleccionar la opción de Homologación de equipos terminales móviles y luego la opción de consulta si tu equipo está homologado, pones los datos de búsqueda y verificas.

Aquí puedes realizar

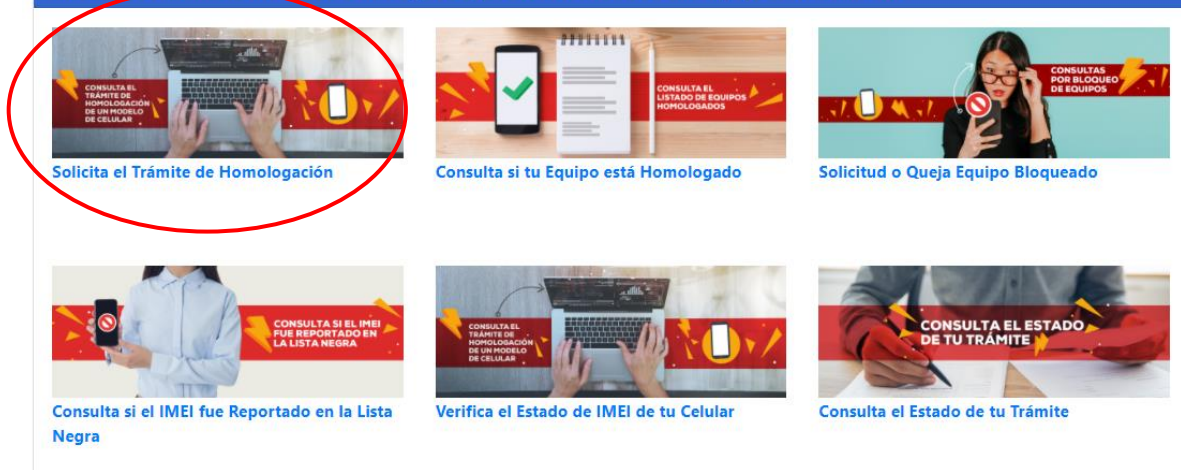
 Homologación de equipos terminales móviles	 Registro de Números Excluidos (RNE)	 Peticiónes, Quejas, Reclamos, Sugerencias y Denuncias (PQRS)	 Conoce el Estado de tu Solicitud	 Contribuciones
---	--	---	---	---

Información sobre el Trámite de Homologación y el Estado del IMEI de tu Equipo Terminal Móvil

 Solícita el Trámite de Homologación	 Consulta si tu Equipo está Homologado	 Solicitud o Queja Equipo Bloqueado
 Consulta si el IMEI fue Reportado en la Lista Negra	 Verifica el Estado de IMEI de tu Celular	 Consulta el Estado de tu Trámite

- Si el equipo está homologado se debe hacer el registro del IMEI
- Si no se encuentra homologado se selecciona la opción del mismo menú llamada solicita el trámite de homologación, después de llenar los datos se entrega una confirmación al correo electrónico y con un documento PDF con un numero de radicado para monitorear el estado de la consulta

Información sobre el Trámite de Homologación y el Estado del IMEI de tu Equipo Terminal Móvil



- Después que se realice la homologación se debe hacer el registro del IMEI, este registro se hace en las plataformas del operador de la SIM card que se está usando, para ello se puede comunicar con atención al cliente para que se le indique como hacer el registro.
- El IMEI se encuentra en la etiqueta del módulo, si por algún motivo no se puede hacer el registro del IMEI verificar mediante comandos AT si es el IMEI adecuado porque a veces ocurren errores de impresión en las etiquetas.
- Es importante realizar el IMEI porque se puede bloquear el equipo o no se le va a permitir la conexión a la red
- Para verificar si ya se realizó el registro se puede consultar en la pagina del Sistema de Registro de Terminal Móvil (Srtm) en imeicolombia.com.co
- En esta pagina se coloca el IMEI del modulo y se verifica el registro, después de que se de una respuesta asertiva se puede usar el módulo sin ningún problema.

Acceso a usuarios públicos

IMEI A CONSULTAR

Soy humano


hCaptcha
Privacidad - Condiciones

ANEXO 5: PLANOS DEL PROTOTIPO

Antes de adjuntar los planos se muestran las imágenes del primer prototipo que se realizó, a este se le hicieron las correcciones necesarias, principalmente porque se había simulado o diseñado el casco tomando la cabeza como una esfera y esto no es verdad.

Figura 1. Vista frontal primer prototipo



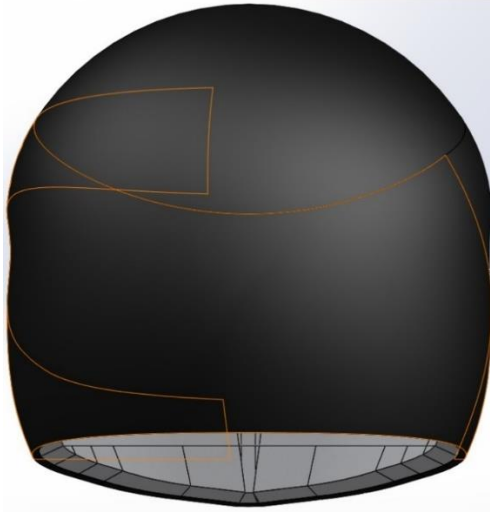
Fuente: Autores

Figura 2. Vista lateral primer prototipo



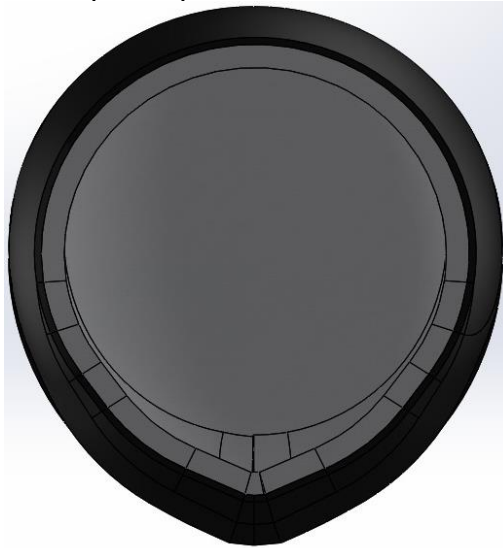
Fuente: Autores

Figura 3. Vista posterior primer prototipo



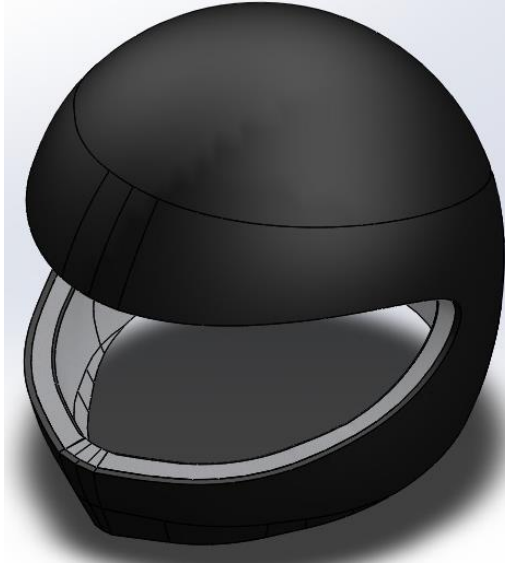
Fuente: Autores

Figura 4. Vista inferior primer prototipo



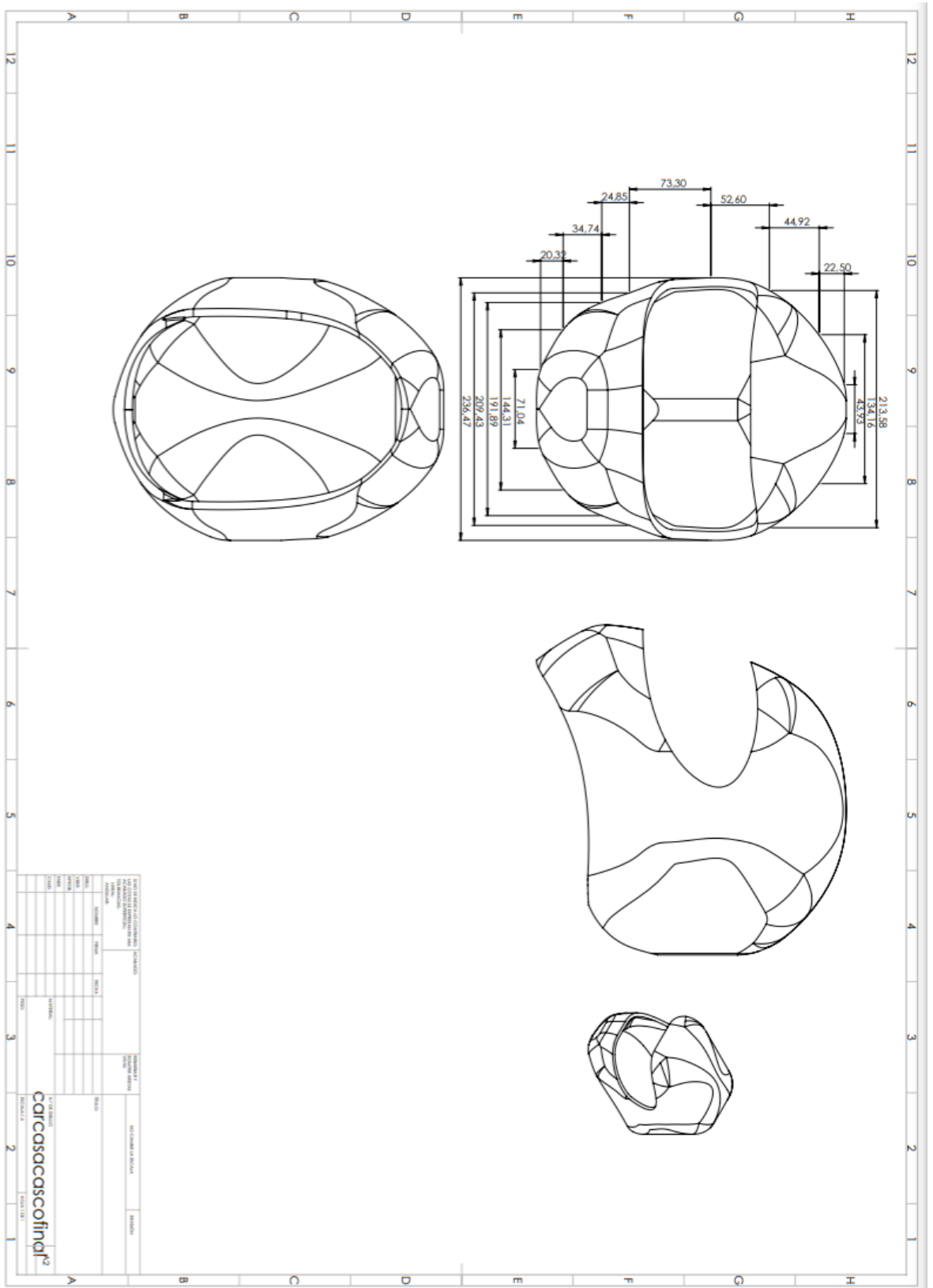
Fuente: Autores

Figura 5. Isométrica primer prototipo



Fuente: Autores

Los planos no se encuentran a sumo detalle porque debido a la cantidad de curvaturas que posee el prototipo se generaron medidas tipo spline que consiste en unir las curvaturas en punto de conexión de plano x con plano y.



ANEXO 6: ESTUDIOS REALIZADOS AL PROTOTIPO

Para los estudios de impacto, deformaciones y aerodinámico se utilizó la herramienta de SOLIDWorks en donde se utilizó una malla fina con un total de 15422 elementos

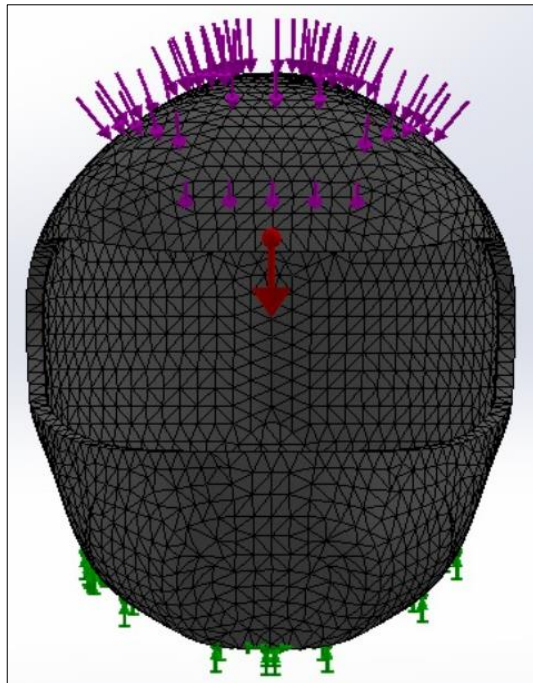
Figura 1. Número de elementos de la malla

Tolerancia	0.449415 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	30050
Número total de elementos	15422

Fuente: Autores

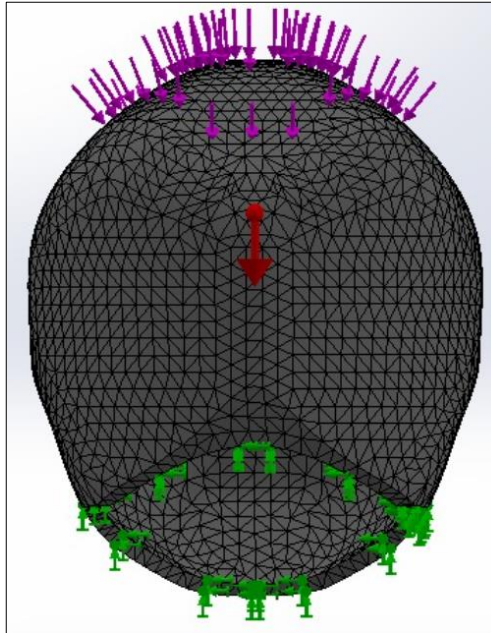
Después de realizarse la maya se colocaron las fuerzas que iban a interferir en el estudio, para el primer caso que era un impacto frontal, se ubicaron fuerzas distribuidas en el área de la frente del casco y la parte superior del mismo.

Figura 2. Vista frontal de fuerzas frontales



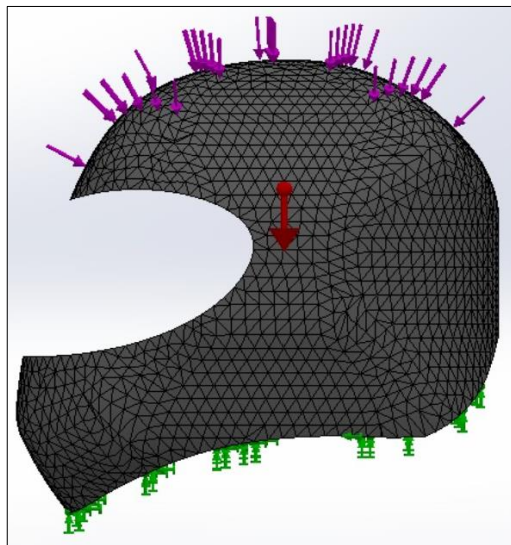
Fuente: Autores

Figura 3. Vista posterior de fuerzas frontales



Fuente: Autores

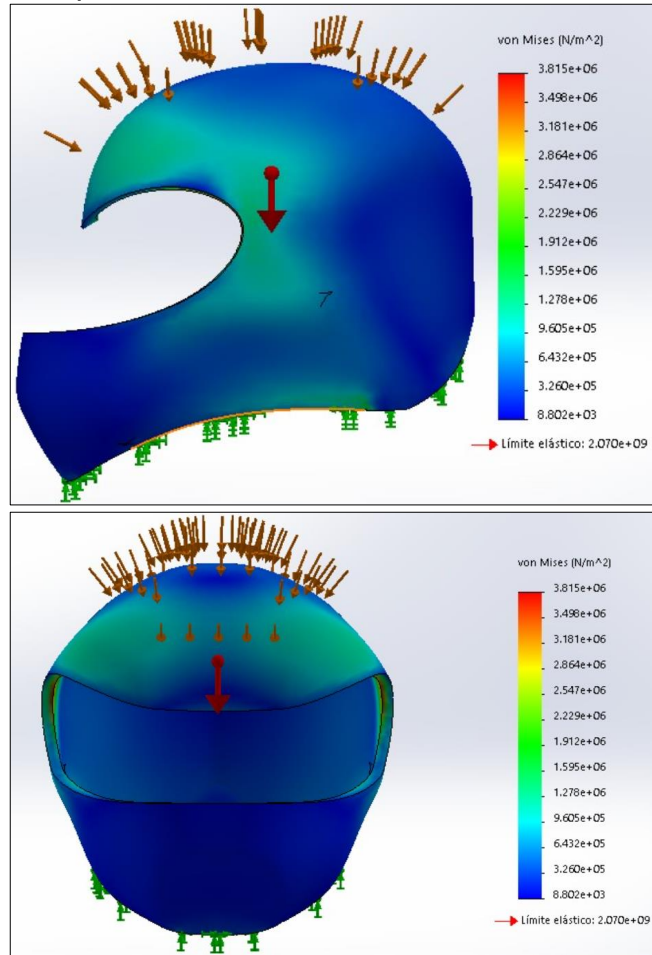
Figura 4. Vista lateral de fuerzas frontales



Fuente: Autores

En el caso del estudio de impacto de estas fuerzas se observó que no se presenciaban zonas críticas, solo una pequeña coloración en la parte de la víscera que une la parte inferior y superior del caso, esto debido a que puede representar una zona de quiebre porque no tiene unión completa al resto de la estructura

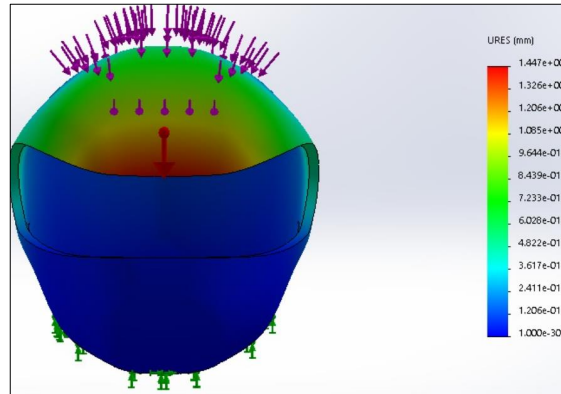
Figura 5. Análisis de impacto frontal



Fuente: Autores

En el caso del estudio de deformaciones si ve una coloración más profunda en la zona de la frente y se puede considerar crítica debido a la falta de apoyos en el agujero de la víscera.

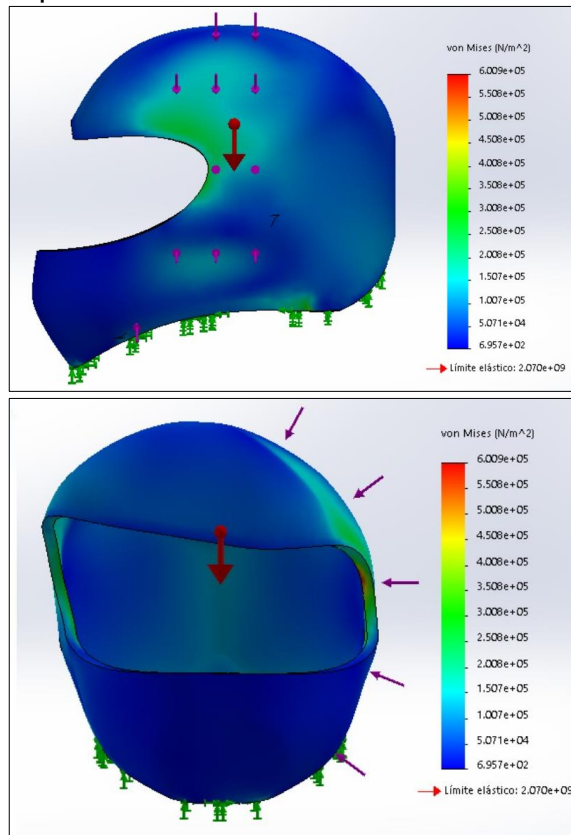
Figura 6. Análisis de deformación frontal



Fuente: Autores

Para el estudio de impacto y deformación lateral se usó el mismo enmallado solo cambiando la ubicación de las fuerzas por lo que no se van a poner más imágenes del enmallado realizado

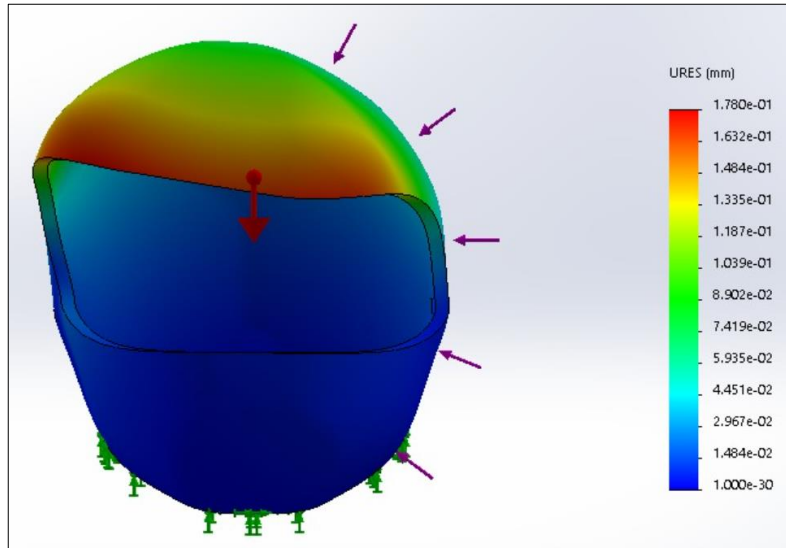
Figura 7. Análisis de impacto lateral



Fuente: Autores

En el impacto lateral tampoco se ven zonas críticas marcadas a excepción de la comisura de la ubicación de la visera, aunque por el impacto si se ve una pequeña deformación o desplazamiento del casco.

Figura 8. Análisis de deformación lateral

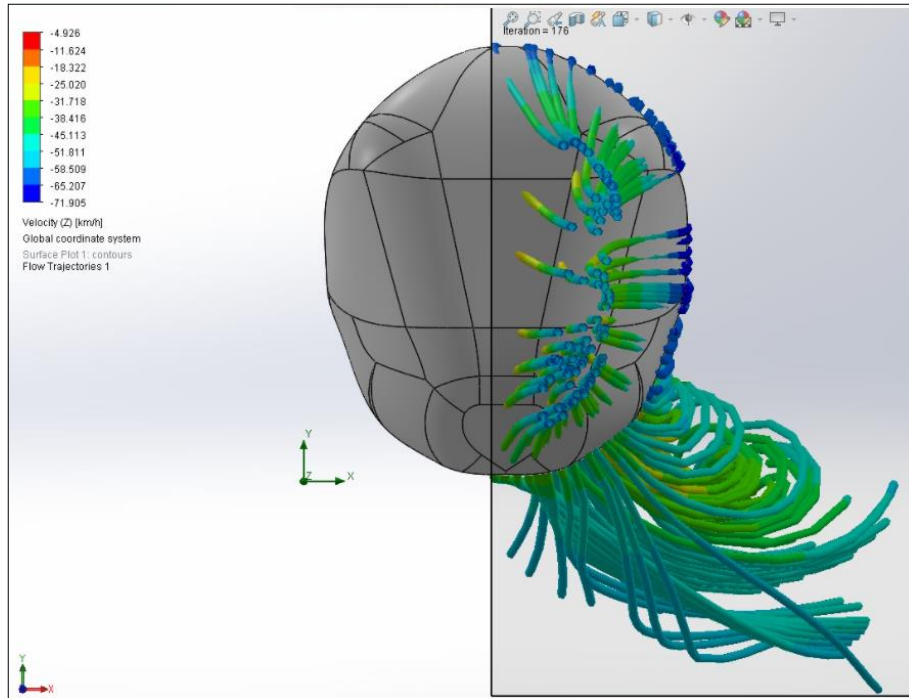


Fuente: Autores

Al igual que con la deformación frontal la zona crítica es el área de la frente y esto es por la falta de apoyo de la estructura, se ve un leve desplazamiento debido a la magnitud del golpe, pero no es lo suficiente para que se pueda ver afectado el cráneo de la persona.

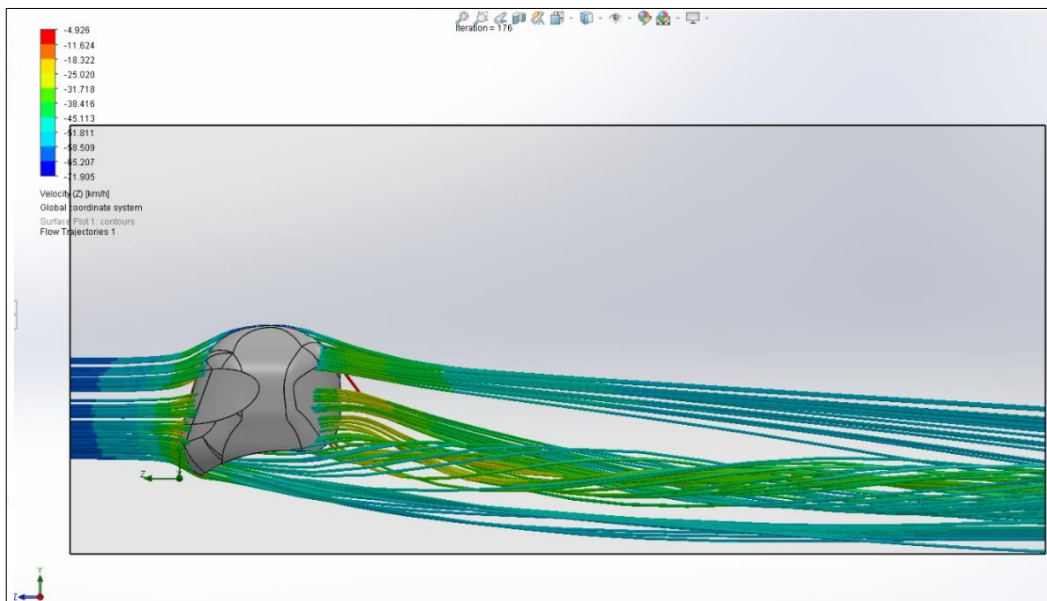
Para el estudio aerodinámico se usó la extensión de SOLIDWorks llamada FlowSimulation en donde fue necesario definir los parámetros ambientales como humedad, temperatura, presión y la velocidad de impacto del flujo sobre el prototipo, así como la gravedad.

Figura 9. Vista frontal estudio aerodinámico



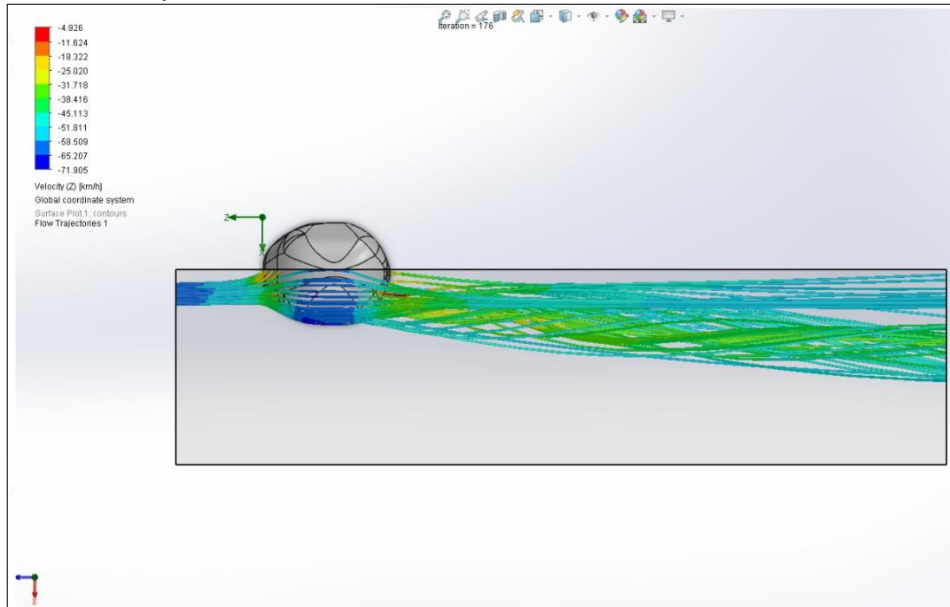
Fuente: Autores

Figura 10. Vista lateral estudio aerodinámico



Fuente: Autores

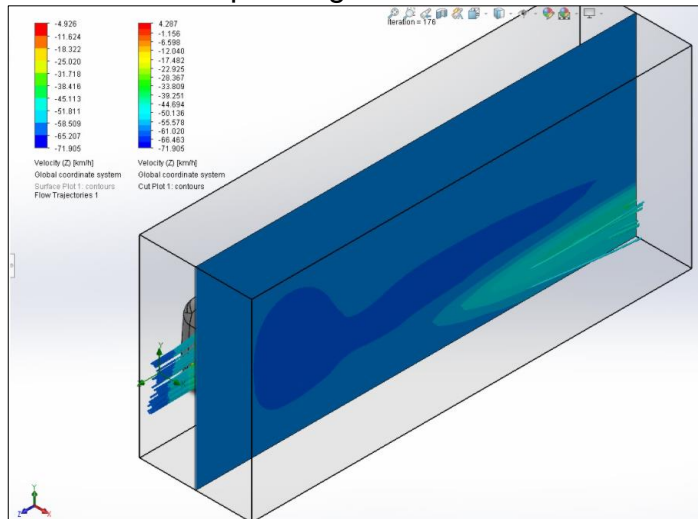
Figura 11. Vista superior estudio aerodinámico



Fuente: Autores

El estudio se realizó para una velocidad de 60 Km/h y como se puede observar en las diferentes vistas del estudio la generación de vórtices es mínima porque no se generan torbellinos y estos se presentan en una estela posterior a la superficie de contacto del casco, el flujo laminar que choca con la parte frontal se desliza sobre la superficie del casco y avanza sin problemas de retención por lo que no se generan flujos demasiado turbulentos en la parte posterior del prototipo.

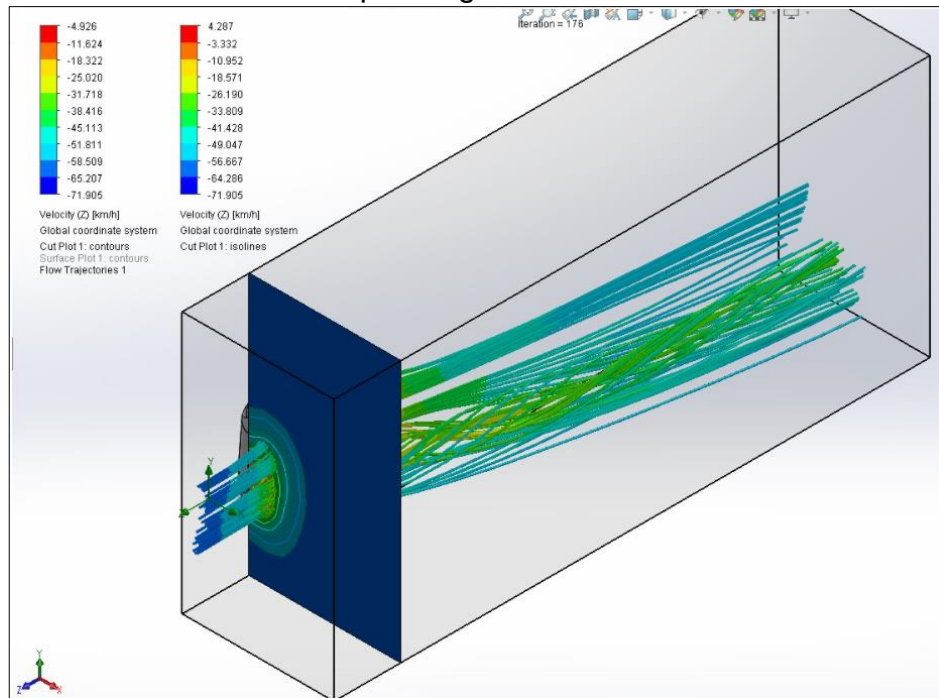
Figura 12. Estudio aerodinámico por diagrama de corte vista lateral



Fuente: Autores

En este caso en vez de hacer la simulación por diagramas tubulares se hace por graficas de plano cortante en donde en las zonas más iluminas se evalúa la intensidad del flujo, en el caso de la figura 12, se analiza el flujo desde la vista lateral, con el fin de identificar el flujo turbulento en la parte posterior del caso, que es en donde se una coloración azul clara, esta estela de flujo turbulento se produce mas atrás de la superficie del casco.

Figura 13. Estudio aerodinámico por diagrama de corte vista frontal



Fuente: Autores

En la figura 13 se muestra el mismo proceso ya descrito anteriormente solo que este análisis se hace desde la vista frontal para identificar las zonas de contacto del flujo con la superficie del casco.

ANEXO 7. DOCUMENTOS DEL PRODUCTO

Debido a que el formato del manual de usuario, Guía de diagnóstico rápido y Manual de mantenimiento tienen un formato diferente al del presente documento se encuentran como Anexos en PDF en la entrega.