

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA
Y MECATRONICA



**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE APARCAMIENTO HORIZONTAL EN FORMA DE
TETRIZ"**

TESIS PRESENTADA POR EL:

Bach. Froy José Mollepaza Taipe

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Arequipa - Perú

2016

El fin de este asunto es que ya se ha escuchado todo. Teme, pues, a Dios y cumple sus mandamientos, porque esto es todo para el hombre.

Eclesiastés 12:13

El sábado y el domingo serán recordados como la marca de Dios y de la bestia, respectivamente. "Éxodo 20" Sobre estos días se dirá: ¡Es necesario obedecer a Dios antes que a los hombres!

Hechos 5:29

"Gracias a DIOS por darnos la todo en la vida, a Él sea la gloria y la honra de todos sus hijos, a mis padres queridos por ser el apoyo incondicional y brindarme su amor y motivación, a Lilian por estar apoyándose incondicionalmente en cada uno de mis sueños, a mis maestros porque son la guía de mis deseos de superación y a todos mis amigos que supieron alentarme en el momento correcto".

Froy José Mollepaza Taipe

TABLAS DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
1.1 TITULO.....	1
1.2 INTRODUCCIÓN.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2 CAPITULO II.....	4
2.1 BOSQUEJO DE FUNCIONAMIENTO.....	4
2.2 ANTECEDENTES.....	6
2.2.1 ROTARY PARKING SYSTEM US 20040156699 A1.....	6
2.2.2 SISTEMA DE APARCAMIENTO TIPO PUZZLE.....	7
2.2.3 TOWER PARKING SYSTEM,.....	8
2.2.4 CUADRO COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE PARQUEO.....	9
2.3 CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN Y NORMAS VINCULADOS.....	10
2.3.1 NORMA E0.20 CARGAS.....	10
2.3.2 E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	12
2.3.3 LRFD.....	14
2.4 MÉTODOS O PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO.....	15
2.4.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE MAQUINAS.....	15
2.4.2 MÉTODO DE LA DOBLE INTEGRACIÓN O DE LAS INTEGRACIONES SUCESIVAS.....	16
2.4.3 NORMA IEC 1131-3.....	17
2.4.4 COMPARACIÓN DE INVERSIONES.....	20
3 CAPITULO III.....	23
3.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO.....	23

3.1.1	REQUERIMIENTOS.....	23
3.1.2	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.....	24
3.1.3	COMBINACIÓN DE CARGAS.....	28
3.2	CALCULO ESTRUCTURAL.....	31
3.2.1	DISEÑO DE VIGA CRITICA.....	32
3.2.2	DISEÑO DE VIGA PERPENDICULAR A LA VIGA CRITICA.....	51
3.2.3	DISEÑO DE EJE CRITICO.....	69
3.2.4	DISEÑO DE ELEMENTOS CRÍTICOS.....	81
3.2.5	CALCULO DE SOLDADURA.....	104
3.3	CALCULO DE MOTOR ELÉCTRICO.....	106
3.3.1	SELECCIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO.....	107
3.4	SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	108
3.4.1	PLC.....	108
3.4.2	CONTACTORES INALÁMBRICOS.....	117
3.4.3	SISTEMA DE SEGURIDAD.....	117
3.5	SELECCIÓN DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	117
4	CAPITULO IV.....	119
4.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	119
4.2	COSTOS DE PROYECTO.....	119
4.2.1	COSTOS DE MATERIALES.....	119
4.2.2	COSTOS DE MANO DE OBRA.....	122
4.3	COSTO TOTAL DEL SISTEMA.....	124
4.4	COSTOS POR UNIDAD DE ESTACIONAMIENTO.....	124
4.5	COSTOS OPERACIONALES DEL SISTEMA.....	125
4.6	ANÁLISIS DE DESPERDICIOS.....	127
5	CAPITULO V.....	128
5.1	EVALUACIÓN DE CASOS.....	128
5.2	CALCULO DE INTERÉS.....	128
5.3	CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE.....	129

5.4	CALCULO DEL TIR.....	131
5.5	CALCULO DEL TIEMPO DE RETORNO.....	133
5.6	CALCULO COMPARATIVOS.	134
5.6.1	PLAYA DE ESTACIONAMIENTO NO AUTOMATIZADA	134
5.6.2	TOWER PARKING.....	136
5.6.3	ROTARY PARKING.....	138
5.6.4	PUZZLE PARKING.....	140
6	CONCLUSIONES.....	143
6.1	OBSERVACIONES.....	144
6.2	RECOMENDACIONES	145
7	BIBLIOGRAFIA	146
8	ANEXOS	148
	ANEXO 1: MANUAL DE POSICIONES.....	148
	PLANOS	171

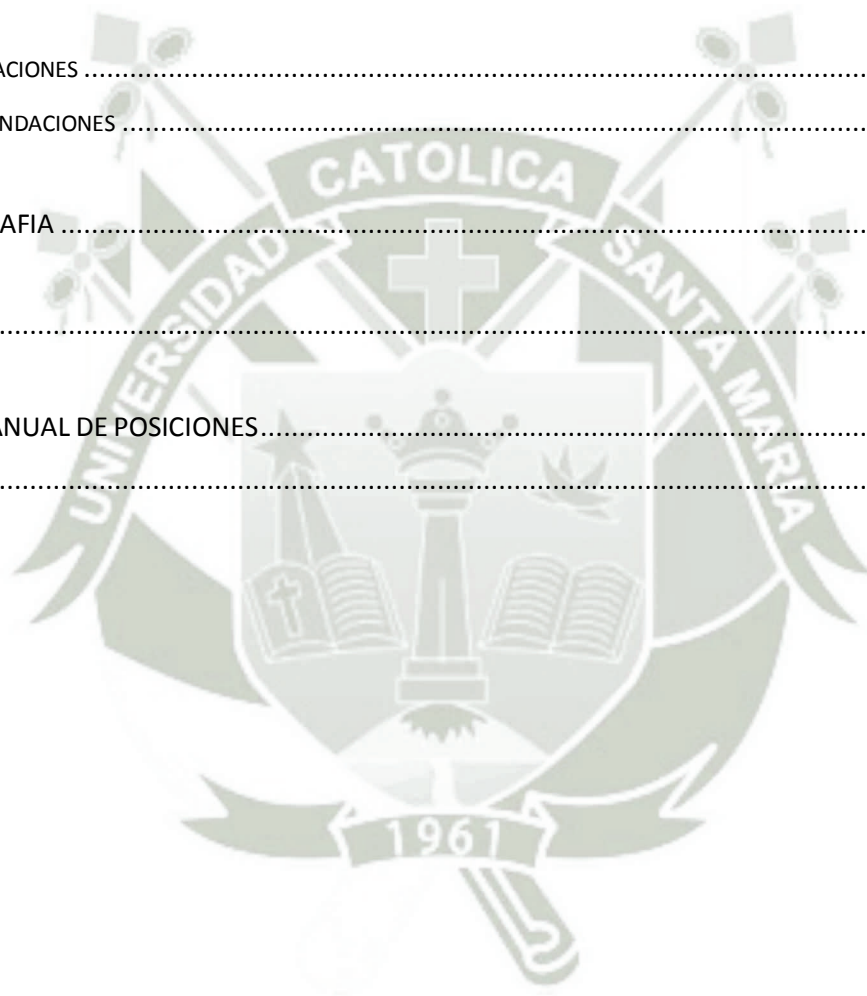


Tabla de Figuras

Figura 1: Vista isométrica 3d del sistema de estacionamiento horizontal en forma de tetriz.....	4
Figura 2: Espacio de maniobras de transporte interno de unidades.....	5
Figura 3: Espacio para la salida y entrada de los usuarios a sus unidades móviles ..	5
Figura 4: Sistema de parqueo rotativo.....	7
Figura 5: Sistema de parqueo tipo rompecabezas o Puzzle.....	8
Figura 6: Sistema De Parqueo Tipo Torre.....	9
Figura 7: Lenguaje de Ladder.....	20
Figura 8: Aceleración de la gravedad establecida por default.	30
Figura 9: Aceleración de la gravedad factorizada.....	31
Figura 10: Viga que soporta el mayor peso puntual y distribuido.	32
Figura 11: Viga en el estado más crítico.....	36
Figura 12: Secciones de la viga cargada, divida para analizarlas por tramos.	36
Figura 13: Reacciones a, b y c, extraídas del cálculo computacional de inventor 2015.....	43
Figura 14: Diagrama de fuerzas cortantes de la viga crítica.....	45
Figura 15: Diagrama de fuerzas cortantes extraído del programa inventor 2015.	46
Figura 16: Diagrama de momentos flectores de la viga critica.	47
Figura 17: Diagrama de momentos flectores, extraídos del programa computacional inventor 2015.....	48
Figura 18: Diagrama de momentos flectores, extraídos del programa computacional inventor 2015.....	49
Figura 19: Viga no supera los 250 MPa.....	51
Figura 20: Viga que soportara el mayor peso puntual y distribuido.	52
Figura 21: Diagrama de cargas de la viga.	55
Figura 22: Diagrama de fuerza cortantes de la viga.	63
Figura 23: Diagrama de fuerza cortante del programa inventor 2015.....	64
Figura 24: Diagrama de momento flector de la viga.	66
Figura 25: Diagrama de momentos flectores de la viga perpendicular a la viga critica.	67

Figura 26: Análisis de la viga, donde se observa el máximo esfuerzo al cual es sometida la viga.....	68
Figura 27: Diagrama de reacciones del eje deslizante.	71
Figura 28: Diagrama de momento flector.	72
Figura 29: Chaveta del motor	80
Figura 30: Rueda del caucho del automóvil soportada por la plancha estructural, que se encuentra apoyada sobre los dos perfiles c.....	82
Figura 31: Caras de la estructura con soporte restringido.	84
Figura 32: Aristas de la estructura con soporte rígido.	88
Figura 33: Análisis estructural de la plancha estructural sin ningún tipo de soporte.	90
Figura 34: Ángulos de soporte para soporte de plancha.	91
Figura 35: Análisis de la estructura adicional.	92
Figura 36: Factor de seguridad de la plancha estructural sometida a la carga de la camioneta.....	93
Figura 37: Caras de la chumaceras con soporte rígido y libre en el eje y.	95
Figura 38: Cara de la estructura con soporte rígido.....	95
Figura 39: Cargas actuantes en las chumaceras de la plataforma.	97
Figura 40: Esfuerzos resultantes sobre la rueda de la plataforma.....	98
Figura 41: Factor de seguridad de la plancha estructural sometida a la carga de la camioneta.....	99
Figura 42: Aristas de la estructura con soporte rígido.	101
Figura 43: Von Mises imagen isométrica de la platina estructural sometida a la carga de la camioneta (isométrico de planta inferior sur-este).	102
Figura 44: Imagen isométrica del factor de seguridad de la platina estructural sometida a la carga de la camioneta (isométrico de planta inferior sur-este).....	103
Figura 45: Sección crítica de soldadura.....	104
Figura 46: Moto reductor marca Doga.	108
Figura 47: Distribución de playa de estacionamiento de 4 x 4 donde entran 13 unidades vehiculares.	109
Figura 48: Diagrama de flujo de liberación de la posición 01 de estacionamiento.	110
Figura 49: Enumeración de las plataformas de trabajo.	111
Figura 50: Algoritmo de la posición 1 incluyendo algoritmo de retorno.	115

Figura 51: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 01.	116
Figura 52: Diagrama de flujos de ganancias	130
Figura 53: Diagrama de flujo de costos	130
Figura 54: Grafica de la Tasa interna de retorno	132
Figura 55: Grafica del Tiempo de retorno	133
Figura 56: Cuadro Comparativo Tetris Parking vs Sistema convencional	136
Figura 57: Cuadro comparativo de los sistemas Tetris Parking vs Tower Parking ..	138
Figura 58: Análisis de VP y tiempo de retorno entre Tetris parking y Rotary parking	140
Figura 59: Análisis de VP y tiempo de retorno entre Tetris parking y Rotary parking	142



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparativa de precios de los sistemas de parqueo convencionales. Según datos sacados por compañías de venta electrónica ALIBABA	10
Tabla 2: Elementos de programación LADDER	19
Tabla 3: Peso de la estructura que funciona como carga distribuida.	33
Tabla 4: Diferentes dimensiones y medidas de las camionetas que existen en el mercado.....	35
Tabla 5: Sistema de ecuaciones expresado en forma matricial.....	42
Tabla 6: Respuestas del sistema de ecuaciones dadas en la tabla 04	42
Tabla 7: Peso del restante de la estructura que funcionara como carga distribuida.	53
Tabla 8: Matricial del sistema de ecuaciones formadas para el cálculo de las reacciones.	61
Tabla 9: Resultados de la operación matricial, realizada para el cálculo de reacciones.	61
Tabla 10: Respuestas del sistema de ecuaciones dadas en la tabla 04.	69
Tabla 11: Peso del restante de la estructura que funcionara como carga puntual. ..	70
Tabla 12: Tabla de reacciones para cada uno de los ejes deslizantes.....	71
Tabla 13: Propiedades del Acero A36	83
Tabla 14: Propiedades del Caucho	83
Tabla 15: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.....	85
Tabla 16: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional Inventor 2015.....	86
Tabla 17: Propiedades del Acero A36	86
Tabla 18: Propiedades del Caucho	87
Tabla 19: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.....	89
Tabla 20: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.....	91
Tabla 21: Propiedades del Acero A36	94
Tabla 22: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.....	96

Tabla 23: Cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.....	99
Tabla 24: Propiedades del Acero A36	100
Tabla 25: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.....	101
Tabla 26: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.....	103
Tabla 27: Especificaciones Técnicas de la moto reductora de DOGA, extraído de su catálogo de internet y anexado.....	107
Tabla 28: Entradas de señales para el sistema del PLC.	112
Tabla 29: Salidas de señales para el sistema del PLC.....	113
Tabla 30: Memorias del sistema del PLC.	114
Tabla 31: Costos de los materiales a utilizar para la construcción de la plataforma.	120
Tabla 32: Elementos de funcionamiento compartido.....	120
Tabla 33: Costos de los materiales utilizados para las obras civiles.	121
Tabla 34: Costos de los equipos utilizados para las obras civiles.	121
Tabla 35: Costos totales de materiales- TABLA RESUMEN MATERIALES.....	122
Tabla 36: Costos de la mano de obra utilizada por la construcción de una plataforma.	122
Tabla 37: Partidas de trabajo de las obras civiles	123
Tabla 38: Costos de la mano de obra utilizada por la instalación del sistema.....	123
Tabla 39: Costo total de la mano de obra del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4.....	124
Tabla 40: Costo total del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4.	124
Tabla 41: Costo operacional del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4, para elementos de 15 años de vida útil.	125
Tabla 42: Costo operacional del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4.para elementos de 5 años de vida útil	125
Tabla 43: Costo operacional del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4, para elementos de 3 años de vida útil.	126
Tabla 44: Costo operacional del sistema Tetris parking en una distribución 4 x 4 para el pintado de las estructuras.....	126

Tabla 45: Costos de la mano de obra utilizada por año.....	126
Tabla 46: Otros costos de mantenimiento	126
Tabla 47: Desperdicios del sistema de parqueo	127
Tabla 48: Porcentaje de incremento de unidades.	128
Tabla 49: Tabla de intereses en el mercado peruano	129
Tabla 50: Valor Presente	131
Tabla 51: Recuperación en meses de la inversión realizada.....	132
Tabla 52: Calculo del tiempo de retorno	133
Tabla 53: Bases de comparación entre sistemas	134
Tabla 54: Comparativa Tetris Parking vs Sistema convencional	135
Tabla 55: Cuadro comparativo del valor presente tetris parking vs Tower Parking .	137
Tabla 56: Tabla comparativa de valor presente del sistema Tetris Parking y Rotary Parking	139
Tabla 57: Tabla comparativa de valor presente del sistema Tetris Parking y Puzzle Parking	141

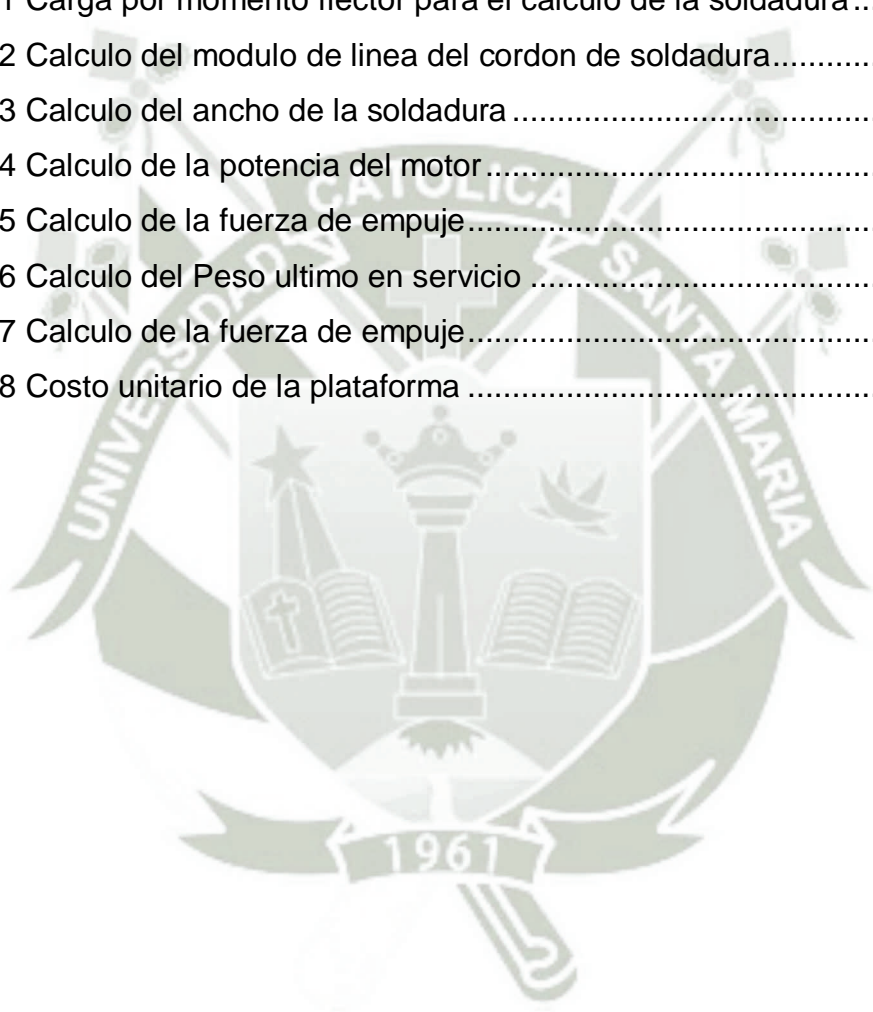


INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Combinacion de carga 1 de la Norma E090	14
Ecuación 2 Combinacion de carga 2 de la Norma E090	14
Ecuación 3 Combinacion de carga 3 de la Norma E090	14
Ecuación 4 Combinacion de carga 4 de la Norma E090	14
Ecuación 5 Combinacion de carga 5 de la Norma E090	14
Ecuación 6 Combinacion de carga 6 de la Norma E090	14
Ecuación 7 Combinacion de carga 2 de la Norma E090	28
Ecuación 8 Area Tributaria	32
Ecuación 9 Area de la plataforma.....	33
Ecuación 10 Carga Unitaria.....	34
Ecuación 11 Carga de la Viga Critica	34
Ecuación 12 Carga Distribuida de la viga critica.....	34
Ecuación 13 Ecuacion 1 para el calculo de las reacciones de la viga critica.....	42
Ecuación 14 Ecuacion 2 para el calculo de las reacciones de la viga critica.....	42
Ecuación 15 Ecuacion 3 para el calculo de las reacciones de la viga critica.....	42
Ecuación 16 Ecuacion 4 para el calculo de las reacciones de la viga critica.....	42
Ecuación 17 Ecuacion 5 para el calculo de las reacciones de la viga critica.....	42
Ecuación 18 Ecuacion 1 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 19 Ecuacion 2 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 20 Ecuacion 3 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 21 Ecuacion 4 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 22 Ecuacion 5 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 23 Ecuacion 6 para el DFC de la viga critica	44
Ecuación 24 Ecuacion 1 para el DMF de la viga critica.....	46
Ecuación 25 Ecuacion 2 para el DMF de la viga critica.....	46
Ecuación 26 Ecuacion 3 para el DMF de la viga critica.....	46
Ecuación 27 Ecuacion 4 para el DMF de la viga critica.....	47
Ecuación 28 Ecuacion 5 para el DMF de la viga critica.....	47
Ecuación 29 Ecuacion 6 para el DMF de la viga critica.....	47
Ecuación 30 Momento plastico.....	50

Ecuación 31 Area tributaria de la viga	52
Ecuación 32 Area de la plataforma.....	53
Ecuación 33 Carga unitaria de la plataforma	53
Ecuación 34 Carga de la viga perpendicular	54
Ecuación 35 Carga distribuida de la viga perpendicular	54
Ecuación 36 Ec. 1 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 37 Ec. 2 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 38 Ec. 3 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 39 Ec. 4 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 40 Ec. 5 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 41 Ec. 6 para el calculo de las reacciones de la viga perpendicular	60
Ecuación 42 Ecuacion 1 para el DFC de la viga perpendicular	61
Ecuación 43 Ecuacion 2 para el DFC de la viga perpendicular	62
Ecuación 44 Ecuacion 3 para el DFC de la viga perpendicular	62
Ecuación 45 Ecuacion 4 para el DFC de la viga perpendicular	62
Ecuación 46 Ecuacion 5 para el DFC de la viga perpendicular	62
Ecuación 47 Ecuacion 6 para el DFC de la viga perpendicular	62
Ecuación 48 Ecuacion 1 para el DMF de la viga perpendicular.....	64
Ecuación 49 Ecuacion 2 para el DMF de la viga perpendicular.....	64
Ecuación 50 Ecuacion 3 para el DMF de la viga perpendicular.....	65
Ecuación 51 Ecuacion 4 para el DMF de la viga perpendicular.....	65
Ecuación 52 Ecuacion 5 para el DMF de la viga perpendicular.....	65
Ecuación 53 Ecuacion 6 para el DMF de la viga perpendicular.....	65
Ecuación 54 Momento Plastico	67
Ecuación 55 Carga puntual ultima del eje	70
Ecuación 56 Calculo de la potencia del motor	73
Ecuación 57 Calculo del momento torsor del eje.....	73
Ecuación 58 Calculo del diametro del eje.....	73
Ecuación 59 Calculo del diametro del eje simplificado	74
Ecuación 60 Deflexion maxima del eje	75
Ecuación 61 Inercia del eje.....	76
Ecuación 62 Deflexion permitida del eje.....	76

Ecuación 63 Deformacion angular permitida	77
Ecuación 64 Deformacion angular maxima	77
Ecuación 65 Momento Torsor permitida de la chaveta	78
Ecuación 66 Altura de la chaveta del motor	79
Ecuación 67 Momento torsor permitido por la chaveta del eje	80
Ecuación 68 Longitud de la chaveta para el eje	80
Ecuación 69 Altura de la Chaveta para el eje	81
Ecuación 70 Carga por corte para el ancho de la soldadura	104
Ecuación 71 Carga por momento flector para el calculo de la soldadura	104
Ecuación 72 Calculo del modulo de linea del cordon de soldadura	105
Ecuación 73 Calculo del ancho de la soldadura	105
Ecuación 74 Calculo de la potencia del motor	106
Ecuación 75 Calculo de la fuerza de empuje	106
Ecuación 76 Calculo del Peso ultimo en servicio	106
Ecuación 77 Calculo de la fuerza de empuje	106
Ecuación 78 Costo unitario de la plataforma	124



RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un sistema de estacionamiento automatizado que permita incrementar la cantidad de espacios de estacionamiento de una determinada playa de estacionamiento o de un nuevo proyecto de edificación.

Tetriz Parking system es un sistema de estacionamiento controlado por una unidad de mando, que desplaza las plataformas de aparcamiento, liberando a la plataforma seleccionada para permitir el acceso a ella. El sistema de aparcamiento permite el incremento de espacios de una playa de estacionamiento en un 30% a más de lo que normalmente se obtendría si se usara una distribución convencional de parqueo, reduciendo el espacio de maniobras internas de estacionamiento y el espacio de junta entre carros.

“*Tetriz Parking system*” tiene un costo bajo de inversión a diferencia de otros tipos de sistemas de estacionamiento como el Vertical Rotary parking y el sistema de tower parking. El resultado comparativo del valor presente (VP) es muy similar, frente a los dos sistemas de aparcamiento mencionados con anterioridad.

El sistema de parqueo en forma de Tetriz, trabaja gracias a plataformas deslizantes que soportan el peso de unidades vehiculares menores de 3 toneladas. Aunque es evidente que se puede trabajar para diferentes unidades de transporte con pesos mayores a las 40 toneladas. Estas plataformas obedecen a una lógica dictada por un PLC, que es diseñada según la distribución de la playa de estacionamiento.

PALABRAS CLAVES: Controlador lógico programable, lenguaje de programación.

ABSTRACT

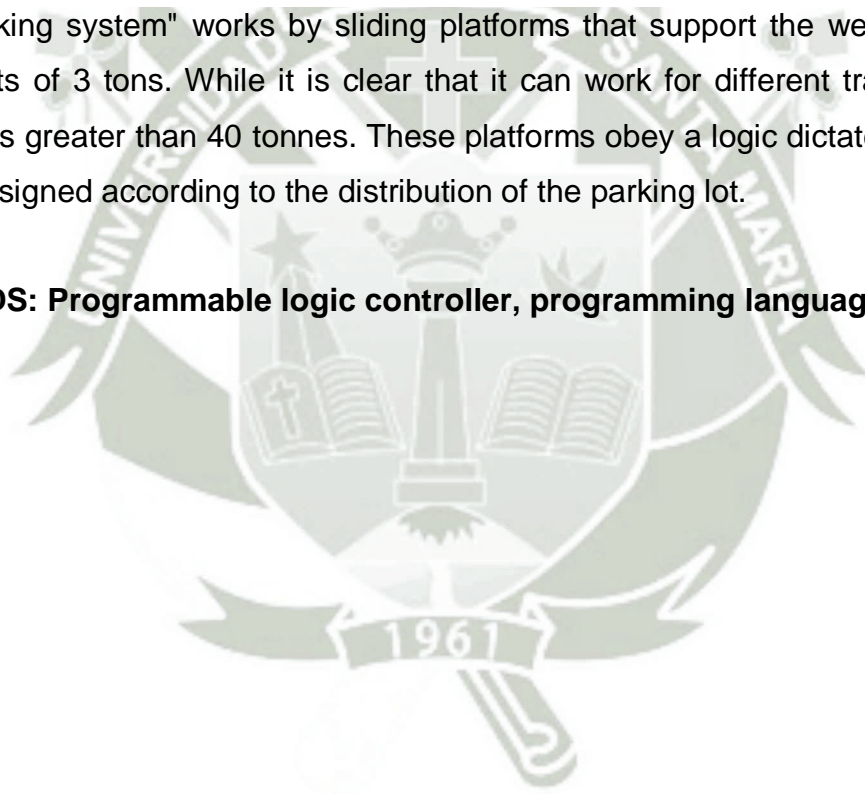
This paper aims at designing an automated parking system that allows increasing the number of parking spaces of a particular parking lot or a new building project.

Tetris parking system is a parking system controlled by a control unit, which displaces parking platforms, freeing the selected platform to allow access to it. The parking system allows for increased spaces in a parking lot by 30% more than what would normally be obtained if a conventional distribution of parking will be used, reducing the space of internal parking maneuvers and joint space between cars .

"Tetris parking system" has a low investment cost unlike other types of parking systems such as Rotary Vertical parking and parking tower system. The comparative results of the present value (PV) are very similar, compared to the two parking systems mentioned above.

"Tetris Parking system" works by sliding platforms that support the weight of lower vehicle units of 3 tons. While it is clear that it can work for different transport units with weights greater than 40 tonnes. These platforms obey a logic dictated by a PLC, which is designed according to the distribution of the parking lot.

KEYWORDS: Programmable logic controller, programming language.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1 Titulo

“Diseño de un sistema de aparcamiento horizontal en forma de tetriz”

1.2 Introducción

En la industria del parqueo automatizado, existen varios sistemas de parqueo que optimizan el espacio en las playas de estacionamiento. El trabajo tesis tiene como objetivo principal diseñar un sistema de aparcamiento automatizado, que incremente el número de espacios de una determinada playa de estacionamiento.

El desarrollo del proyecto tesis nace de la investigación de los sistemas de parqueo automatizados existentes, como: Tower parking, Rotary parking y Puzzle parking. Estos sistemas cuentan con diferentes ventajas y desventajas. Pero su principal desventaja en común es el costo de inversión. Los precios de adquisición de estos sistemas son demasiados elevados, y no son producidos en el Perú, con la salvedad de Puzzle parking.

El constante aumento de la demanda de las playas de estacionamiento de las ciudades metropolitanas, crea varios problemas, como: el incremento de la hora de estacionamiento, el congestionamiento de la ciudad en las horas punta y el incremento de la polución debido a la recirculación de unidades vehiculares en búsqueda de estacionamientos y/o por ahorro de la playa de estacionamiento.

El trabajo tesis realizara el diseño de un sistema de parqueo automatizado de bajo costo inversión comparado con sus predecesores y de bajo consumo de recursos energéticos y operarios.

1.3 Justificación

En la actualidad se tiene varios tipos de sistemas de estacionamientos que incrementan la cantidad de espacios,

Todos estos sistemas buscan incrementar los espacios de un estacionamiento, En la mayoría de las ciudades se hace necesario playas de estacionamiento automatizados que incremente el número de espacios. El incremento del parque automotor, crea una necesidad por abastecer. Esta insuficiencia de estacionamientos crea los siguientes problemas

- Encarecimiento de la hora de parqueo, debido a una ley natural “ley de la oferta y la demanda”. Esta ley regula el precio del estacionamiento, precio que se ve impactado debido a la insuficiencia de nuevos espacios de estacionamiento que pueda cubrir la demanda.
- Incremento del tráfico en el centro de la ciudad en las horas puntas. Este problema genera congestión en las calles causado por la insuficiencia de espacios en las playas de estacionamientos.
- Incremento del combustible usado para encontrar un espacio de estacionamiento, este punto es muy importante, debido a que el congestionamiento del tráfico en la ciudad, genera un consumo innecesario de combustible, que se origina por los automóviles que están en circulación en las calles a la espera de espacios de estacionamiento.
- Decremento de la actividad comercial de la zona de influencia, este decremento es generado por el malestar que ocasiona a los conductores que desean ingresar a la zona comercial. Prefiriendo el conductor dirigirse a otras zonas comerciales antes que ingresar a la zona con problemas de congestión y déficit de espacios de estacionamiento.

El presente trabajo tesis aportara soluciones que disminuyen o eliminan los problemas presentados con anterioridad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de aparcamiento vehicular que incremente en un 30 % el número de espacios de estacionamientos de una playa de estacionamientos existente a través de un sistema automatizado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar cálculos de los elementos estructurales según Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Realizar un análisis computacional de los elementos de estructurales y de máquinas por elementos finitos para comparar con los cálculos realizados en forma manual.
- Seleccionar los equipos eléctricos y electrónicos necesarios para el desplazamiento sistemático de las plataformas.
- Realizar un análisis económico del sistema de parqueo para demostrar los beneficios que obtendría una playa de estacionamiento al instalar el sistema de parqueo.
- Realizar un análisis comparativo del sistema de parqueo horizontal en forma de tetriz frente a otros sistemas de parqueo automatizado.

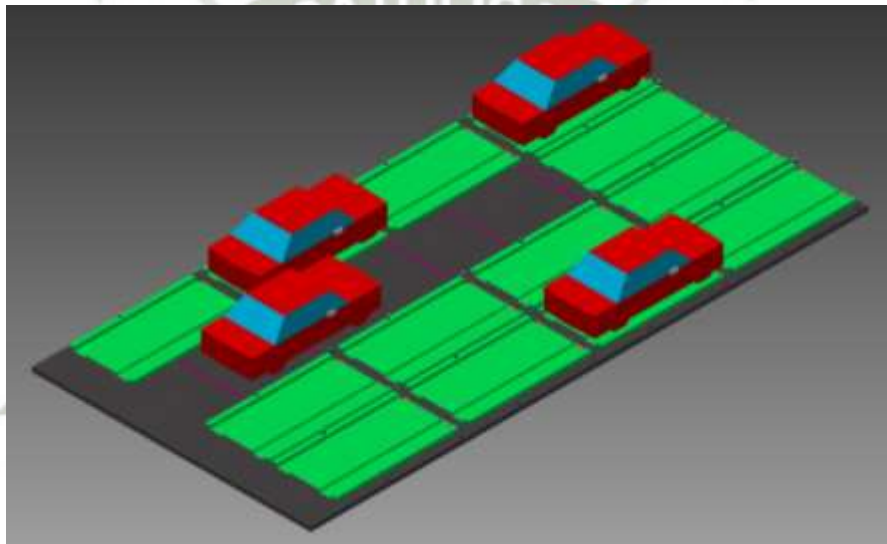
CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Bosquejo de funcionamiento

Un sistema de aparcamiento horizontal en forma de tetriz (Fig.1), está conformada por un numero X de plataformas móviles, este número es restringido por el área del terreno. El sistema de aparcamiento tiene un sistema de rieles por donde circula las plataformas.

Figura 1: Vista isométrica 3d del sistema de estacionamiento horizontal en forma de tetriz.

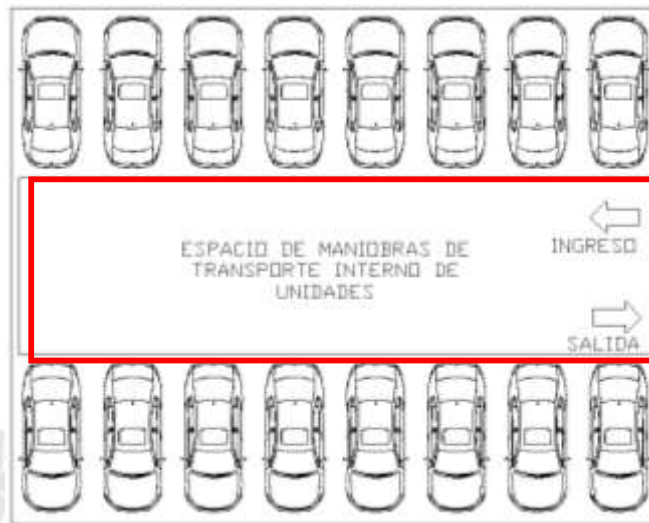


Fuente: Propia

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

El sistema aparcamiento incrementa el espacio de los estacionamientos de un determinado lugar, a través de la reducción de los espacios muertos, como el patio de maniobras de estacionamiento (fig.2) y el espacio de junta entre dos automóviles (fig.3)

Figura 2: Espacio de maniobras de transporte interno de unidades.



Fuente: Propia

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 3: Espacio para la salida y entrada de los usuarios a sus unidades móviles



Fuente: Propia

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Este nuevo sistema de aparcamiento tiene un espacio pequeño de maniobras, el cual es habilitado, para acceder a la plataforma seleccionada desde el mando de control.

2.2 Antecedentes

En la actualidad existen otros sistemas de parqueo automatizados que ayudan a incrementar el número de espacios de una determinada playa de estacionamiento, como los que se describen a continuación.

2.2.1 Rotary parking system US 20040156699 A1

Es un sistema de aparcamiento de carros, que incrementa el número de estacionamientos por metro cuadrado. Este sistema tiene una patente internacional.

El sistema de estacionamiento incrementa el número espacios de una determinada playa de estacionamiento, este sistema no puede alcanzar grandes alturas, pero se ha encontrado diseños de 16 unidades, equivalentes a una torre de 8 pisos o 16 metros.

Este sistema tiene un problema con el tiempo de recepción de la unidad, en sistemas de 8 unidades, el tiempo de recepción alcanza de 30 a 240 segundos, este es un tiempo muy extendido, debido a que en horas punta, extraer y colocar un vehículo se hace muy extenso, solo se usa para estacionamientos privados de departamentos y oficinas de trabajo.

Este sistema en la actualidad está instalado en diferentes partes del mundo. En Sudamérica, se tiene instalado uno de estos modelos en el país de la Argentina.

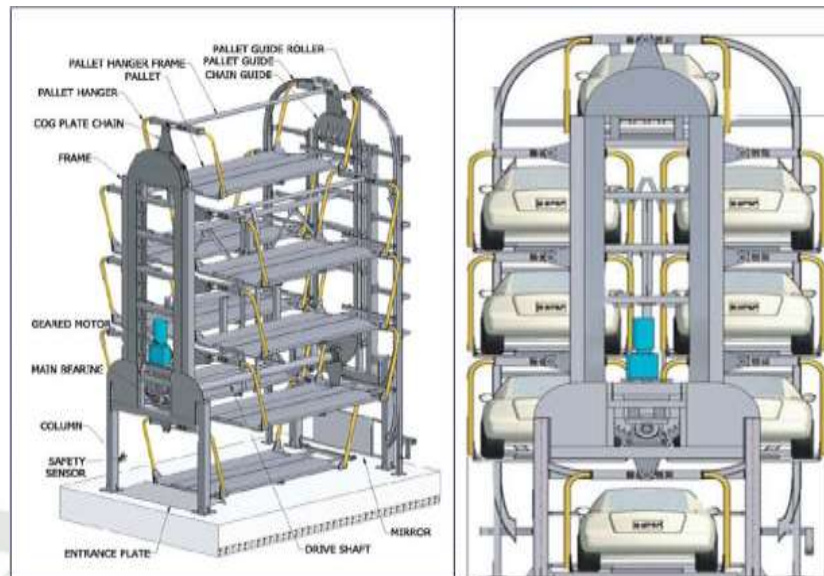
El costo de este sistema de aparcamiento es de alrededor de 4500 a 7500 dólares americanos por unidad de estacionamiento. Según los precios obtenidos de empresas chinas que se encuentran en Alibaba.

Por el tema de patente este sistema es comercializado por determinadas empresas multinacionales, que se encargan de la comercialización, distribución e instalación de estos sistemas.

Para la zona de Latinoamérica, se tiene a la empresa mexicana, Smart Parking México encargada de la distribución de sistemas de parqueo inteligente.

En la siguiente imagen se puede observar un modelo dibujado en CAD, señalando sus partes principales.

Figura 4: Sistema de parqueo rotativo.



Fuente: Alibaba

Autor: Qingdao Bortome Import & Export Co., Ltd.

2.2.2 Sistema de aparcamiento tipo Puzzle

Es un sistema de aparcamiento de procedencia asiática, es un sistema que no se le puede encontrar una patente específica, es un sistema muy versátil que ayuda a la ampliación del estacionamiento. El costo del sistema es alrededor de los 3450 a 9150 dólares americanos, por cada unidad de estacionamiento. Es un sistema que cuenta con una gran variedad de motores, y que no puede alcanzar grandes alturas, debido a que el tiempo de entrega del vehículo se aumentaría considerablemente. El tiempo de entrega del automóvil es de alrededor de 30 a 120 segundos, en comparación con el sistema de aparcamiento Rotary parking, es mucho más rápido.

El sistema puede alcanzar alturas de 5 pisos. En la actualidad se puede encontrar este sistema en Arequipa, en la calle Pizarro.

Figura 5: Sistema de parqueo tipo rompecabezas o Puzzle.



Fuente: Alibaba

Autor: Qingdao Bortome Import & Export Co., Ltd.

2.2.3 Tower parking system,

Es un sistema de parqueo de gran magnitud. Es uno de los sistemas que puede acumular mayor cantidad de carros por metro cuadrado. Para llegar a grandes densidades, necesita una altura considerable, se han llegado a desarrollar proyectos de 26 unidades en vertical.

En este tipo de proyectos las alturas pueden llegar a alcanzar hasta los 50 metros de altura. El costo aproximado del sistema es muy fluctuante, debido a la altura que podría llegar alcanzar, Su precio oscila entre los 4500 a 12000 dólares americanos por unidad de parqueo.

Una de sus principales ventajas de este sistema que puede llegar a grandes alturas sin ser afectado por el tiempo de entrega del vehículo. El tiempo de entrega esta entre los 20 a 60 segundos. Es un sistema muy sencillo de realizar no necesita una lógica compleja.

Una de sus principales desventajas del sistema en la ciudad de Arequipa es la altura máxima que desarrollaría, puesto que los parámetros urbanísticos tienen muchas restricciones que impiden que se desarrolle proyectos que impacten el campo visual de la ciudad.



Figura 6: Sistema De Parqueo Tipo Torre

2.2.4 Cuadro Comparativo de los sistemas de Parqueo

El cuadro comparativo de los tres sistemas de estacionamientos automatizados, permite conocer las ventajas y las desventajas de cada uno de los sistemas de parqueo. La información presentada en el siguiente cuadro es extraída principalmente de la página comercial de Alibaba, en donde se ofrecen estos tres tipos de estacionamientos. La fuente de información de cada sistema esta mencionada en la bibliografía, que se muestra al finalizar el trabajo tesis.

Este cuadro comparativo es referencial, pero también permitirá desarrollar el análisis económico comparativo que será parte de uno de los capítulos del trabajo-tesis.

Tabla 1: Comparativa de precios de los sistemas de parqueo convencionales. Según datos sacados por compañías de venta electrónica ALIBABA

Características	Rotary parking system	Puzzle Parking system	Tower Parking system
Costo Peru (min) US\$	\$ 4,500	\$ 3,450	\$ 4,500
Costo Peru (max) US\$	\$ 7,500	\$ 9,150	\$ 12,000
Area del Equipo(m2)	30	90	48
Vehiculos (und)	16	26	52
Inversa de la densidad vehicular m2/Vehiculo(max)	1.88	3.46	0.92
Tiempo de entrega(min)(s)	30	30	20
Tiempo de entrega(max)(s)	240	120	90
Costo Total Maximo US\$	\$ 120,000.00	\$ 237,900.00	\$ 624,000.00

Fuente: Alibaba

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

2.3 Códigos de Construcción y normas vinculados

En la actualidad existe una gran cantidad de normas, algunas son normas internacionales y otras nacionales. Entre las más aplicadas, se tiene a las normas de la AISC, que son normas de origen estadounidense, estas normas son la base del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El Reglamento Nacional de Edificaciones es nuestro principal, instrumento de reglamentación de la nación, si no se señala en la norma, se puede aplicar otras normas internacionales, siempre y cuando el resultado del análisis dé como resultado, valores más conservadores de lo que indica el reglamento.

2.3.1 Norma E0.20 Cargas

En esta sección de la reglamento se regula las cargas que deben ser aplicadas a las estructuras a nivel nacional, dependiendo de su ubicación geográfica, clima, tipo de edificación y usos.

Esta sección también nos señala los factores de carga y las diferentes combinaciones que se debe aplicar a la estructura. Para el análisis de la estructura se debe tomar las combinaciones que contengan los mayores esfuerzos.

La norma E020 del Reglamento Nacional de edificaciones es una norma que nos regula los requisitos mínimos que debe cumplir una estructura que se encuentra dentro del área de su influencia es decir, dentro del territorio nacional.

En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos.¹

- La norma debe cumplirse en todo el territorio nacional, por ello se debe acudir como primera instancia a la Norma Técnica de Edificaciones.
- Se trabajara con la norma promulgada el 9 de junio del 2006.
- Si la norma fuese insuficiente se tomara la norma Americana del momento, para poder absolver algunas deficiencias de la norma.
- Se acomodara los programas de CAD y análisis estructural a las normas.
- Las cargas mínimas establecidas en esta norma están dadas en condiciones de servicio¹

a. Definiciones preliminares

La norma nos indica tipos de carga las cuales son necesarias definir las para poder trabajar con ellas durante el desarrollo del trabajo.

- Carga Muerta: Es todo peso que soporta la estructura durante su servicio, que es inherente a la misma estructura, no varía durante el tiempo.
- Carga Viva: Es el peso que se vuelve fluctuante durante su tiempo de servicio de la edificación o estructura, no depende del día ni las horas de funcionamiento, pero se considera viva porque no es parte inherente a la edificación.
- Carga de Viento: La carga de viento es una de las cargas con mayor impacto en las estructuras, pero estas estructuras necesitan tener una

¹ Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E020 Cargas (Lima, 2006), p.1.

altura determinada para poder ser calculadas, si no son afectadas por el viento no se les calcula.

- Carga de Sismo: La carga de sismo es una carga muy importante en la región. El Perú se encuentra en el círculo de fuego y es inevitable desarrollar un proyecto que no sea afectado por el mismo. Para el proyecto-tesis la carga sísmica no afecta a la plataforma, puesto que la plataforma no está unida al suelo por medio de un apoyo rígido. Además la carga sísmica tiene una relación directamente proporcional con la altura y la altura del sistema es casi nula.

2.3.2 E.090 Estructuras Metálicas

Esta sección de la norma define los lineamientos para las estructuras, y debe ser considerada en cualquier punto del territorio nacional, se debe tener en cuenta que esta norma se usará para la fabricación y el montaje de toda estructura metálica.

Esta sección del reglamento empieza con una lista de definiciones de todos los símbolos y caracteres utilizados para representar las fórmulas.

Esta norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del Método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por esfuerzos permisibles. (ASD).²

Esta norma da un valor mínimo de resistencia, en los diferentes aspectos, si se considera otra norma, esta norma prevalece frente a otra internacional.

La norma E090, en el Capítulo 1, en el inciso 4, nos señala las Cargas y combinaciones de Carga mínimas, que debe cumplir la estructura metálica.

La norma además establece las definiciones de cada uno de los elementos de la carga.³

D: Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

² Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E090 Estructuras Metálicas (Lima, 2006), p.3.

³ Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E090 Estructuras Metálicas (Lima, 2006), p.5.

L: Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

L_r : Carga viva en las azoteas.

W: Carga de viento

S: Carga de nieve.

E: Carga de sismo de acuerdo a la norma E030 Diseño sismo resistente.

R: Carga por lluvia o granizo.

Las cargas de nieve, de lluvia y granizo no serán consideradas, debido a que una de las recomendaciones de todo centro de parqueo, es de tener una cobertura que cuide a la unidad vehicular, frente al deterioro causado por la exposición del sol.

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. Para el método de LRFD, las siguientes combinaciones deben de ser investigadas. Existen 7 combinaciones que serán desarrolladas en el siguiente inciso.

Estas combinaciones serán analizadas una por una, para el cálculo de los elementos y de la estructura. La combinación que genere mayor esfuerzo, será la que se utilizara para el cálculo.

En la actualidad, existe una gran variedad de software que permite realizar el análisis estructural. Estos programas facilitan grandemente la resolución de los problemas de una manera más rápida y sin cometer errores. Pero no siempre se tienen los resultados que se espera, porque se puede introducir cargas erróneas o porque se estructura el esqueleto erróneamente.

Uno de los principales problemas en la ingeniería, es el cálculo de la carga, es decir cuanta carga viva y muerta debe de soportar la estructura. Otro de los problemas en el análisis de estructuras es la combinación de las cargas. En la actualidad, para los estructuras más complejas, se debe tomar un momento envolvente, es decir es la sobre posición de los diagramas de momentos flectores de todas las combinaciones que se genera por las diferentes cargas. La combinación de los diagramas generara un diagrama envolvente, que es un gráfico de diagrama de momentos flectores donde se pueda tener todos los momentos críticos en cada centímetro lineal de la estructura. Cuando uno observa la sobre posición de las combinaciones de cargas, se nota que todas las

combinaciones son importantes y que influye en la selección del perfil o elemento estructural.

Las cargas de vientos proporcionan varias combinaciones para el análisis de la estructura. Aunque para el trabajo-tesis no se utilizara las cargas de vientos puesto que no cuenta con la altura necesaria según norma, para ser afectada por las cargas de viento.

La norma E 090, contempla la utilización de 06 combinaciones, las cuales se muestran a continuación:

- Combinación 1
 $1.4 D$ Ecuación 1
- Combinación 2
 $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$ Ecuación 2
- Combinación 3
 $1.2 D + 1.6 (Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (0.5 L \text{ o } 0.8 W)$ Ecuación 3
- Combinación 4
 $1.2 D + 1.3 W + 0.5 L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$ Ecuación 4
- Combinación 5
 $1.2 D \pm 1.0 E + 0.5 L \text{ o } 0.2 S$ Ecuación 5
- Combinación 6
 $0.9D \pm (1.3 W \text{ o } 1.0 E)$ Ecuación 6

2.3.3 LRFD

El LRFD es un método de diseño, cuyo acrónimo viene de *Load and Resistance factor design*. Este método es uno de los más utilizados por los diseñadores. Este método contiene una serie de normas específicas acerca del diseño de estructuras.

Para el trabajo tesis se utilizara los factores de carga y las combinaciones de cargas de la norma técnica E090, que son normas extraídas de la norma LRFD.

La norma LRFD permite diseñar los sistemas estructurales y elementos con factores más reducidos, lo que significa menor peso del elemento estructural. Al reducir el peso de la estructura se reduce: el costo de la estructura, se reduce la carga basal de la estructura y se reduce los efectos del sismo sobre la estructura. Para el caso particular de la plataforma, la reducción de costo será nuestro principal beneficio del uso de la norma. Puesto que al finalizar el diseño, se debe de realizar un cálculo económico, que compruebe que el sistema de parqueo en forma de tetriz es un proyecto rentable y viable económicamente.

2.4 Métodos o procedimientos de cálculo

Para la resolución del análisis estructural, programación lógica y cálculo económico se utilizó los siguientes métodos.

2.4.1 Análisis de requerimientos de maquinas

Existe un análisis de requisitos de software en la industria de la información. Este análisis nace de los requerimientos que tiene un usuario, por las necesidades que el experimenta.

Tanto el desarrollador como el cliente tienen un papel activo en la ingeniería de requisitos – un conjunto de actividades que son denominadas análisis – El cliente intenta replantear un sistema confuso, a nivel de descripción de datos, funciones y comportamiento, en detalles concretos. El desarrollador actúa como interrogador, como consultor, como persona que resuelve problemas y como negociador.

El análisis de requisitos se debe realizar siguiendo los siguientes pasos:

- Reconocimiento del problema
- Evaluación y síntesis
- Modelado
- Especificación

- Revisión⁴

El análisis de requerimientos es muy importante, para resolver los requerimientos del usuario final. Este análisis es muy aplicado para la ingeniería de software, pero puede ser aplicado para el diseño de máquinas.

Para el trabajo-tesis, en el capítulo 3, se presenta un listado de requerimientos que debe cumplirse para el diseño del sistema de parqueo. Este listado debe ser analizado en conjunto para tener una idea de las dimensiones y pesos que debe de cumplir la estructura. Es muy probable que el modelo cambie en el transcurso del diseño. Esto debe de tomarse siempre en consideración.

No siempre los primeros modelos de diseño terminan siendo la solución final, estos pueden variar totalmente del diseño presentado en su fase inicial.

2.4.2 Método de la Doble integración o de las integraciones sucesivas

Es un método que permite calcular las reacciones, momentos, ángulos de giro y las deflexiones en toda la distancia de la viga. Este método solo se aplica a todas las partes de la viga.

Las ventajas de este procedimiento son las siguientes:

- El resultado es un conjunto de ecuaciones de flexión en todas las partes de la viga. La flexión en cualquier punto se determina entonces sustituyendo las propiedades de rigidez de la viga Modulo de Elasticidad y la inercia, y la posición en la viga.
- Es fácil obtener los datos con los que se puede armar la curva de la flexión.
- Las ecuaciones de la pendiente en cualquier punto de la viga se generan del mismo modo que las de las flexiones. Esto es importante en algunas aplicaciones de maquinaria tales como flechas apoyadas en cojinetes y flechas con engranes. Una pendiente excesiva reduciría el desempeño y la vida de los cojinetes o engranes.

⁴ Pressman, <http://yaqui.mx.l.uabc.mx/~molguin/as/IngReq.htm>, (México 2002), p.1.

- Las relaciones fundamentales entre las cargas, el tipo de apoyo, las propiedades de rigidez de la viga, la pendiente y las flexiones se recalcan en el proceso de solución. El diseñador que entiende estas relaciones puede hacer diseños más eficientes.
- El método requiere la aplicación de concepto matemáticos muy simples.
- Los puntos de flexión máxima se determinan directamente con las ecuaciones resultantes.⁵

2.4.3 Norma IEC 1131-3

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLC's. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLC's y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLC's.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLC's. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.⁶

⁵ Robert L. Mott, Resistencia de Materiales, 5ta Edición, (México 2009), p.489.

⁶ Escuela politécnica Nacional, Lenguaje de Programación de PLC'S, bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC, (Ecuador), p.2.

a. Lenguaje LADDER

El Lenguaje de programación LADDER es uno de los más utilizados a nivel mundial, es un lenguaje que está enfocado para una programación más interactiva con los usuarios.

Este tipo de programación tiene unos elementos de programación, los elementos más básicos se presentaran a continuación.

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla se puede observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.⁷



⁷ Escuela politécnica Nacional, Lenguaje de Programación de PLC'S, bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC, (Ecuador), p.3.

Tabla 2: Elementos de programación LADDER

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

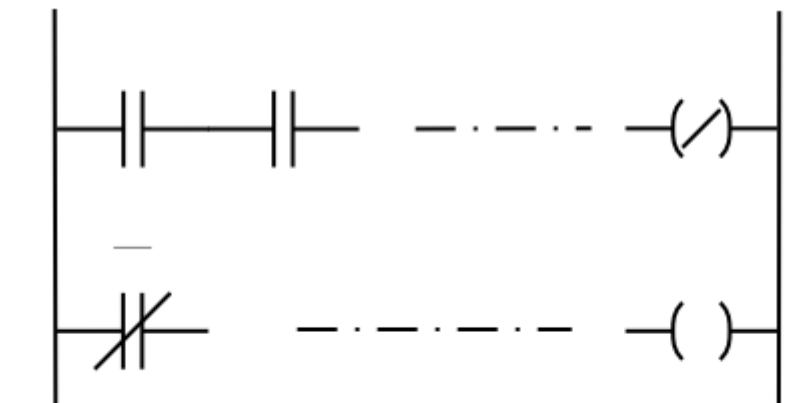
Fuente: Lenguaje de Programación de PLC's

Autor: Escuela Politécnica Nacional

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

Figura 7: Lenguaje de Ladder.



Fuente: Lenguaje de Programación de PLC's

Autor: Escuela Politécnica Nacional

En cuanto a su equivalencia eléctrica, se puede imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.⁸

2.4.4 Comparación de Inversiones

La mayor parte de los proyectos de ingeniería se llevan a cabo con más de una alternativa de diseño factible. Si la selección de una de las alternativas excluye la selección de cualquiera de las otras, las alternativas se llaman *mutuamente*

⁸ Escuela Politécnica Nacional, Lenguaje de Programación de PLC'S, bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC, (Ecuador), p.3.

excluyentes. Es común que las alternativas en estudio requieran de la inversión de cantidades diferentes de capital, y sus ingresos y costos anuales pueden variar. En ocasiones, las alternativas tienen vidas útiles diferentes. Como es normal que niveles diferentes de inversión produzcan resultados económicos distintos, es necesario realizar un análisis para determinar cuál de las alternativas mutuamente excluyentes se prefiere y, en consecuencia, cuánto capital debe invertirse.⁹

Para realizar las comparaciones de inversiones se debe tener en cuenta la vida útil de los equipos, este periodo es importante para la comparación de dos inversiones, si la vida útil de las inversiones no fuese la misma, se calcula el máximo común multiplicador de ambos y se realiza el cálculo comparativo.

a. Métodos del valor anual equivalente (VAN)

Para el cálculo del valor anual equivalente, se debe tener los dos resultados de ambas inversiones para compararlas y elegir el menor de los 2 valores.

$$VA(i\%)_A < VA(i\%)_B$$

b. Métodos de la tasa de rendimiento (TIR)

En Estados Unidos, el rendimiento anual de una inversión es una medición popular de la rentabilidad. Cuando se usan los métodos de la tasa de rendimiento para evaluar alternativas mutuamente excluyentes, la mejor de ellas produce resultados funcionales satisfactorios y requiere la inversión mínima de capital. Esto es verdad a menos que una inversión mayor se justifique en términos de sus beneficios y costos incrementales. En concordancia con lo anterior, los tres lineamientos siguientes se aplican a los métodos de tasa de rendimiento:

- Cada incremento de capital debe justificarse a sí mismo produciendo una tasa de rendimiento suficiente (mayor o igual a la TREMA) sobre dicho incremento.
- Se debe comparar una alternativa de inversión más elevada contra una de inversión más baja sólo cuando esta última sea aceptable. La diferencia entre

⁹ Elin M. Wicks, James T. Luxhoj, Ingeniería Económica de DeGarmo, Duodécima Edición, (México 2004), p.197.

las dos alternativas por lo general es una *alternativa de inversión* y permite que se determine la mejor.

- Se selecciona la alternativa que requiera la inversión de capital más alta, en tanto se justifique la inversión incremental a través de los beneficios que reeditúen al menos la TREMA. Esto maximiza el valor equivalente de la inversión total con $i = \text{TREMA}$.¹⁰



¹⁰ Elin M. Wicks, James T. Luxhoj, Ingeniería Económica de DeGarmo, Duodécima Edición, (México 2004), p.208.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 Consideraciones Preliminares de Diseño

El diseño de un sistema de estacionamiento debe cumplir una serie de requerimientos, que se detallaran a continuación, estos requerimientos se alzaron a través de una observación y comparación contra otros sistemas, estos requerimientos nos ayudaran a enfocar el proyecto a un sector denominado.

3.1.1 Requerimientos

- **Requerimiento 1.** Sistema de aparcamiento automatizado que incremente en un 30% el número de espacios en una determinada playa de estacionamiento.
- **Requerimiento 2.** Desarrollo de un sistema de estacionamiento económico, con un periodo de retorno no mayor a los 5 años. Dentro del requerimiento se deben especificar los costos operacionales, teniendo en cuenta un promedio de tasa de interés.
- **Requerimiento 3.** Se requiere desarrollar un sistema de estacionamiento cuyo tiempo de entrega de unidad no supere los 30 segundos de entrega.
- **Requerimiento 4.** Se requiere desarrollar un sistema de estacionamiento que no demande grandes consumos de energía. Si fuera posible la utilización de energías renovables para el uso del sistema.
- **Requerimiento 5.** Se requiere desarrollar un sistema de estacionamiento que sea sencillo de instalar, que no demande grandes costos de inversión para la puesta en marcha del sistema.

- **Requerimiento 6.** Se requiere desarrollar un sistema de aparcamiento que resuelva problemas existenciales de las edificaciones. En centros comerciales, viviendas multifamiliares y universidades existentes.
- **Requerimiento 7.** Se requiere desarrollar un sistema de aparcamiento que sea silencioso.
- **Requerimiento 8.** Se requiere desarrollar un sistema que no genere desperdicio por unidad de fabricación. El porcentaje de desperdicio por unidad no debe de superar el 10% del total utilizado.
- **Requerimiento 9.** Se requiere el desarrollo de un sistema que no supere los 500 Kilogramos de peso por unidad de parqueo.
- **Requerimiento 10.** Se requiere el desarrollo de un sistema que no supere los 2300 mm de ANCHO. Esta medida es indispensable puesto que no se quiere tener plataformas demasiado anchas que ocupen demasiado espacio, disminuyendo el espacio efectivo de la playa de estacionamiento.
- **Requerimiento 11.** Se requiere desarrollar una plataforma de desplazamiento que no exceda los 80mm de altura. Si la altura se incrementa el sistema tendrá problemas para el estacionamiento de unidades que tengan el espaciado de la bases del motor y la pista muy reducidos.
- **Requerimiento 12.** Se requiere plataformas que no supere los 5000mm de longitud, si la plataforma es demasiada larga se tendrá demasiados desperdicios de espacios.

3.1.2 Alternativas de solución de los requerimientos

El sistema de aparcamiento se diseñó llegando a solucionar los requerimientos planteados con anterioridad, Su diseño fue una combinación de ideas de los sistemas de aparcamiento y de ideas propias del diseñador. Para el desarrollo del sistema adecuado se tuvo varios modelos de diseño y un prototipo para poder cumplir con los requerimientos.

- Modo de solución del requerimiento 1

El sistema de aparcamiento Horizontal en forma de Tetris, considera la reducción del espacio inutilizables como: los espacios de maniobras y los espacios de acceso a las unidades móviles. Transformando parte de este espacio inutilizable en un espacio efectivo de estacionamiento. Esta reducción se da gracias a una distribución lógica de espacios a través de plataformas móviles que permiten una mejor distribución del espacio efectivo de estacionamiento. Se considera a que se pueda incrementar el número de espacios en un rango de 30% a 50%. Lo que cumpliría con el requisito al 100%. La solución al primer requerimiento se muestra a través de un ejemplo del sistema de parqueo ubicada en los anexos del trabajo-tesis.

- Modo de solución del requerimiento 2

Para la solución del tercer requerimiento, se debe desarrollar un análisis económico. El análisis económico para el sistema de parqueo en forma de tetris se encuentra en el capítulo V. En este capítulo se demuestra la viabilidad económica del sistema de parqueo a través de un análisis del valor presente y del TIR del proyecto. Además se demuestra un análisis comparativo frente a otros sistema de parqueo automatizado, como el Puzzle parking.

Para el análisis económico en el capítulo se utilizara un promedio de 4 entidades bancarias, para conocer la tasa de interés promedio del mercado.

- Modo de solución del requerimiento 3

Para la solución de este requerimiento se debe analizar las velocidades de los equipos y los puntos de estancamientos de las unidades.

Las velocidades de los equipos no deben de superar los 2 m/s para el caso de ascensores y 1 m/s en el caso de movimientos horizontales. Estas velocidades permiten conservar las aceleraciones y desaceleraciones en niveles bajos. Cuando la unidad supera estas velocidades se requiere aceleraciones mayores y cuando la unidad alcanza velocidades estándar o crucero demasiado altas, se necesitara de un sistema de frenos que reduzca su velocidad a cero.

Las velocidades bajas permitirán reaccionar al sistema de seguridad de manera rápida y oportuna, cuando se tenga a un operario y/o usuario en la línea de fuego.

- Modo de solución del requerimiento 4

El SAHT está diseñado para tener consumos bajos de energía, su alimentación es diaria, este sistema trabaja con un sistema de baterías que dan la energía suficiente para poder mover los motoreductores. Debido a su bajo consumo de energía, lo convierte en uno de los sistemas de parqueo automatizado de menor consumo de energía eléctrica.

El sistema de parqueo es un mecanismo autónomo, que para su funcionamiento requiere del uso de baterías, esto permite, que el sistema pueda funcionar en cualquier momento del año y no es afectado por apagones o cortes de luz.

- Modo de solución del requerimiento 5

El sistema de parqueo automático es un sistema que no demanda grandes costos de instalación. El sistema puede ser instalado sobre la playa de estacionamiento existente. El costo de instalación se detallara en el capítulo V de la tesis.

La instalación del sistema es de fácil y rápida instalación. La instalación total del sistema puede tomar entre 1 a 2 semanas según el tamaño de la infraestructura del sistema. La fabricación de las plataformas y los rieles puede tomar de 1 a 2 semanas, pero esta tarea es independiente al lugar de instalación.

- Modo de solución del requerimiento 6

Uno de los problemas de las edificaciones antiguas y muchas de las modernas, es la habilitación de espacios para estacionamientos. Este sistema permite incrementar la efectividad de los sótanos de aparcamientos. Este es uno de los principales problemas que tienen los arquitectos para poder incrementar el número de espacios de una zona reducida, muchas veces optan por sistemas que incrementan considerablemente el precio de la obra.

El sistema es eficaz para edificaciones existentes, no se requiere transformaciones extraordinarias para poder habilitar el sistema. Pero cada caso es particular, según la arquitectura de la edificación.

- Modo de solución del requerimiento 7

El SAHT, es un sistema que no genera altos niveles de ruido, esto debido a sus pequeños motores que necesita para su funcionamiento. Los arranques de los motores son casi imperceptibles. Las potencias de los motores son pequeñas, y no generan ruidos extraordinarios en el arranque.

Al finalizar la instalación de la plataforma se debe colocar unos jebes de impacto a los filos de la plataforma, para impedir el choque de las mismas y evitar el ruido generado por el impacto.

- Modo de solución del requerimiento 8

Los desperdicios de la estructura serán mínimos. El diseño de la plataforma contempla el desperdicio por construcción. Se plantea tener un desperdicio menor al 10% en la construcción de la plataforma. Para lo cual se plantea desarrollar un índice en el manejo de desperdicios de la plataforma. Este análisis se encontrara en el Capítulo V, en una sección específica al manejo de desperdicios.

- Modo de solución del requerimiento 9

El sistema debe de conservar un peso menor a la media tonelada. Este es un requisito condicional.

El costo de la unidad, está directamente relacionada al peso de la estructura, mientras menor sea el peso de la estructura, menor será el costo de la plataforma. El peso de la plataforma también es importante para el transporte, se espera tener el menor peso posible, para poder transportar la mayor cantidad de plataformas en la unidad de transporte.

- Modo de solución del requerimiento 10

Este requisito es muy importante para el diseño de la plataforma. Mientras mayor sea el ancho de la plataforma, menor será la cantidad de espacios que se pueda obtener de una determinada playa de estacionamiento.

El ancho planteado fue de 2300 mm, este ancho se respetó en el diseño de la plataforma. Aunque con un pequeño incremento de 6.5 mm por lado, es decir la plataforma termino con un ancho de 2313mm. Un 0.6% mayor a lo planteado en los requerimientos.

- Modo de solución del requerimiento 11

La altura de la plataforma es un requerimiento muy importante. La altura de los vehículos muchas veces es muy limitada, y si la altura de la plataforma llegase a ser mayor del requerimiento. Algunas unidades móviles no podrían utilizar el sistema de parqueo y se tendría que tener una limitante en cuanto a ciertos modelos de automóviles.

La altura de la plataforma termino con una altura de 50.7mm. Una altura muy inferior a la postulada en los requerimientos, esto nos permitirá a mantener el sistema disponible a todo tipo de unidades vehiculares.

Se superó el requerimiento en un 36.6%. Los 29.3mm ganados, nos permitirá tener un juego al momento de la instalación de las plataformas.

- Modo de solución del requerimiento 12

Este requerimiento tiene la misma importancia que el requerimiento 11, no se desea tener distancias demasiadas grandes. Mientras mayor sea la dimensión del largo, menor será la cantidad de unidades que se puede obtener de una playa de estacionamiento.

3.1.3 Combinación de Cargas

La combinación de cargas que se utilizó será la combinación 2, descrita en el capítulo II, la cual se presenta a continuación

- Combinación 2

$$1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$$

Ecuación 7

Fuente: E090 Estructuras Metálicas

Autor: Reglamento Nacional de Edificaciones

Las otras combinaciones no son aplicables a la estructura, por las siguientes razones, las cuales se describirá a detalle a continuación.

Lr: Carga viva en las azoteas, esta carga no es aplicativa para nuestro sistema porque la estructura no cuenta con una azotea.

W: Carga de viento, esta carga no aplica al sistema por que la estructura no tiene una altura que pueda ser afectada por los vientos, y se encontrara generalmente encerrada dentro de área con pared perimetral, la cual evitara que se produzcan ráfagas.

S: Carga de nieve, Esta carga no se aplica al análisis estructural, debido a que una de las recomendaciones del sistema es que se instale debajo de un techo cobertor. Para protección del sistema y de las unidades vehiculares.

E: Carga de sismo, Esta carga es reglamentada por la Norma E.030 Diseño sismo resistente. Dentro de la norma nos indica que para que la estructura pueda estar bajo condiciones de sismo, debe de cumplir con dos requisitos; Debe tener un contacto rígido con el suelo y debe tener una altura con respecto al suelo que le genere desplazamiento con respecto al suelo.

R: Carga por lluvia o granizo, las cargas por lluvia y granizo no son una carga aplicable para el sistema, en el primer caso la lluvia no es acumulativa en el sistema y puede discurrir con total normalidad hacia los puntos de desfogue y como se indicó uno de los principales requisitos del sistema es que deba ser instalado debajo de una cobertura protectora.

Por las razones planteadas con anterioridad, las únicas combinaciones que son aplicables al sistema de aparcamiento, son la combinación 1 y la combinación 2. Pero la combinación que se aplicó al sistema será la combinación 2,

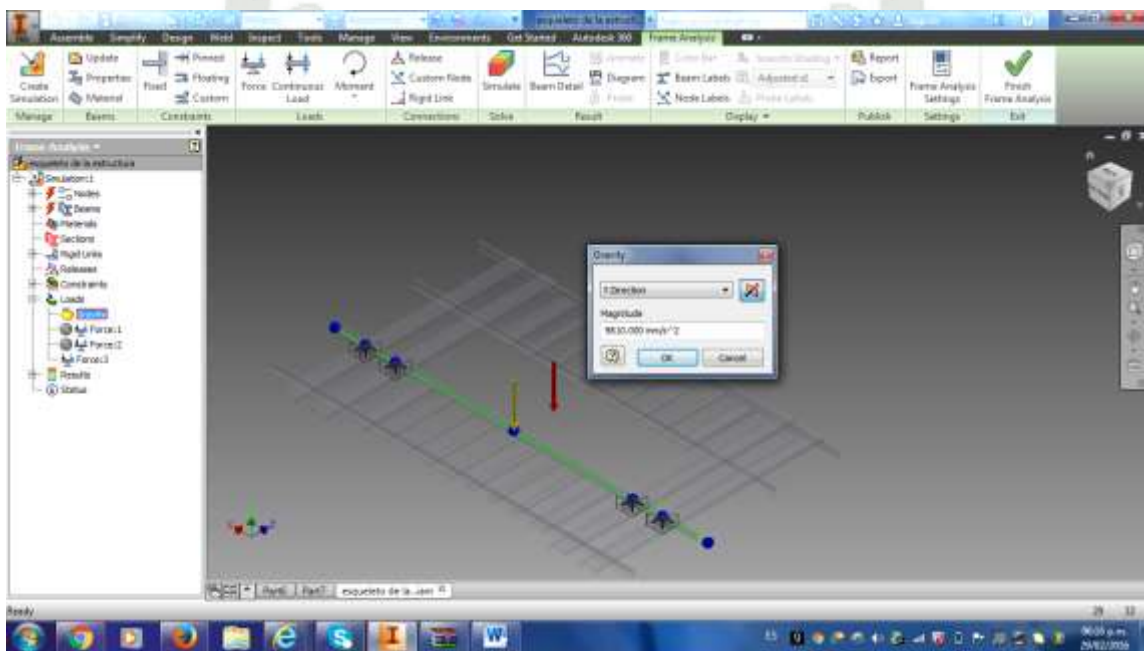
Al realizar una comparación entre la combinación 1 y la combinación 2, se pudo observar que la carga muerta no es mayor que la carga viva. La carga muerta no supera los 600Kg y la carga viva es de alrededor de los 3200 Kg, es decir que la carga viva excede a la carga muerta en un 433%. Si se usa la combinación 1 se elimina el efecto de la carga viva. Entonces la mejor combinación para el análisis de la estructura es la combinación 2.

La combinación 2 ordena que la carga muerta deba ser multiplicada por un factor de 1.2. Para factorizar la carga muerta de la plataforma en el programa, se utilizó el siguiente procedimiento.

Primero se encuentra la aceleración de la gravedad y la dirección que tiene, luego se cambia la magnitud de la aceleración de $9.81m/s^2$ a $11.772m/s^2$ y se corrige la dirección de la aceleración si fuese necesario.

Este procedimiento se mostrara en las siguientes imágenes.

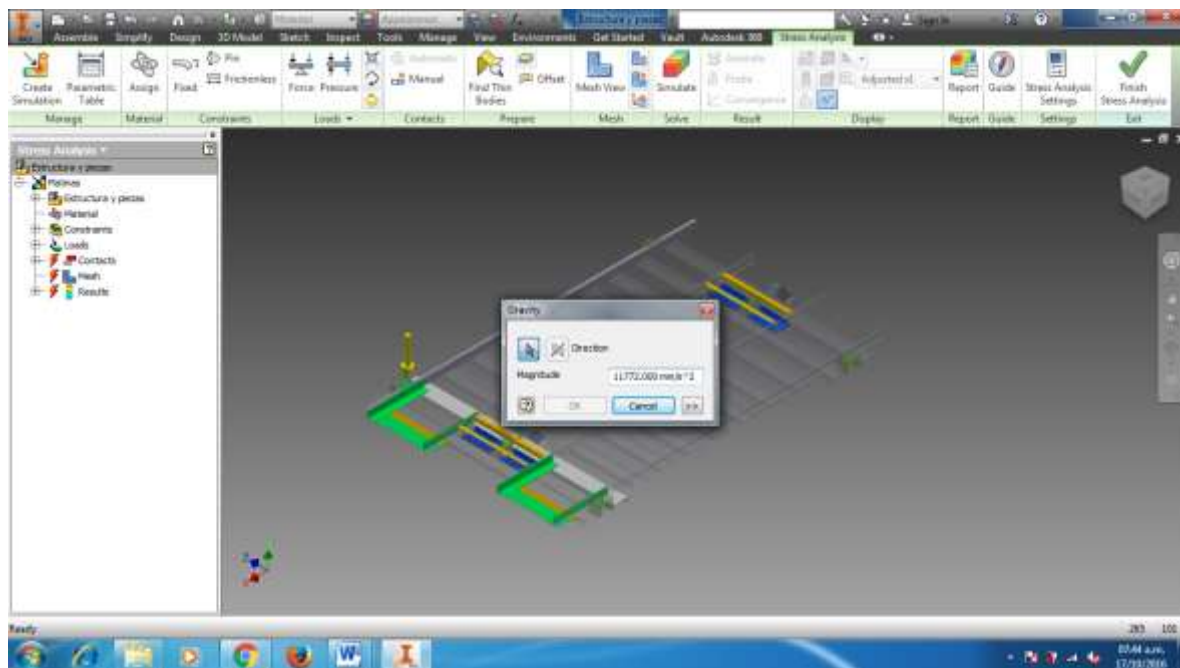
Figura 8: Aceleración de la gravedad establecida por default.



Fuente: Propia – Inventor 2015 - GRAVEDAD DIRECCIÓN Y MAGNITUD

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

Figura 9: Aceleración de la gravedad factorizada.



Fuente: Propia – Inventor 2015 - Gravedad dirección y magnitud

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

3.2 Cálculo Estructural

Los elementos que se someterán a un cálculo estructural son los siguientes:

- Viga Crítica, esta viga se encuentra en paralelo a los ejes deslizantes
- Viga perpendicular al desplazamiento.
- Eje crítico.
- Plancha estructural
- Rueda de deslizamiento
- Platinas

3.2.1 Diseño de viga crítica

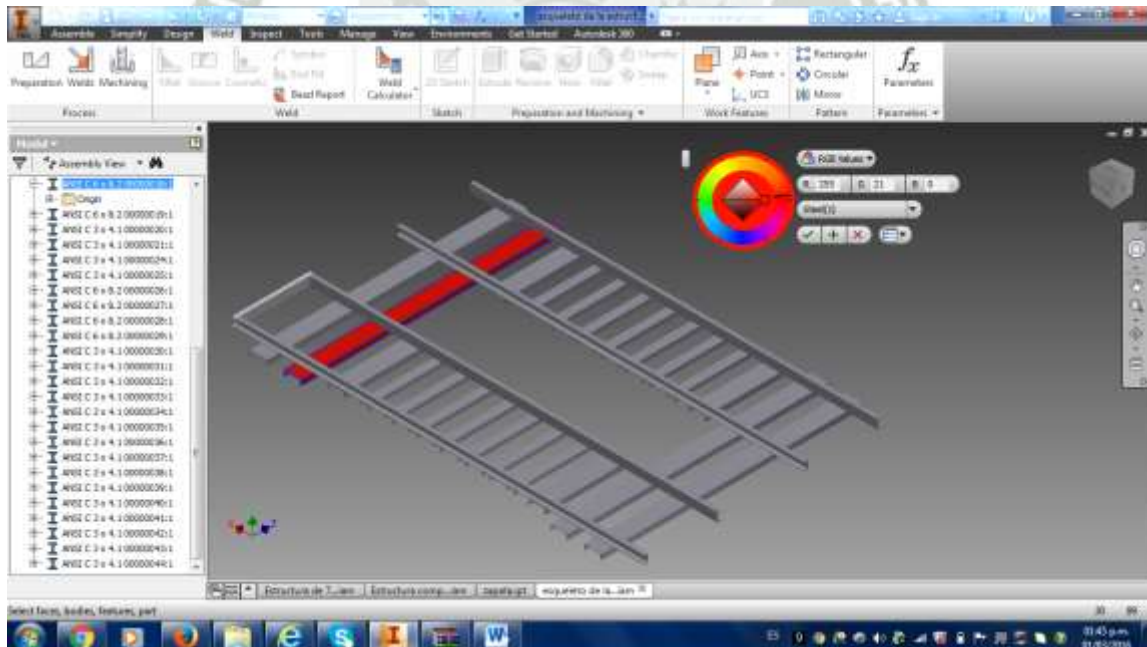
3.2.1.1 Área Tributaria

Para el cálculo del área tributaria se usó una distribución homogénea hacia la viga más crítica. La viga más crítica es la que se encuentra soportando la mayor cantidad de peso de la plataforma, y que en un momento adecuado soportara el peso completo de dos ruedas del vehículo, que para efectos de cálculo se tomó el peso promedio de una camioneta. En la siguiente imagen se puede observar a la viga más crítica, que esta coloreada de rojo.

Para el cálculo del área tributaria se usó los planos que nos indican el área que abarca la viga crítica.

$$\begin{aligned} \text{Area}_{\text{tributaria crítica}} &= \text{Ancho}_{\text{tributario}} \times \text{largo}_{\text{tributario}} && \text{Ecuación 8} \\ \text{Area}_{\text{tributaria crítica}} &= 2.30 \text{ m} \times 1.35 \text{ m} \\ \text{Area}_{\text{tributaria crítica}} &= 3.105 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Figura 10: Viga que soporta el mayor peso puntual y distribuido.



Fuente: Propia - Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.1.2 Cálculo de cargas

Para el cálculo de cargas básicamente se tiene 2 tipos de cargas, que están separadas para el análisis.

a) Carga Muerta

En las cargas muertas se tiene dos tipos de cargas muertas, el peso propio de la viga y el peso tributario de la viga.

- **La carga propia de la viga**

Esta carga se considera como carga muerta del equipo, siendo esta una carga muerta debe ser afectada por el factor de 1.2, para ello se aumentó la aceleración de la gravedad por el factor 1.2, dando como resultado $11.772m/s^2$.

- **Carga Tributaria**

Esta carga forma parte de las cargas muertas, la carga tributaria que soporta la viga se aproxima a la mitad del peso de la estructura. Para encontrar esta carga distribuida, se tuvo que hallar el peso promedio de la estructura por metro cuadrado, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 3: Peso de la estructura que funciona como carga distribuida.

Item	Descripción	Peso (Kg)
1	Peso de las vigas	297
2	Plancha protectora	164.8
3	Baterías	20
4	Soldadura y Perneria 5%	24.09
		505.89

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El área total de la estructura está dado por el ancho y largo del equipo.

$$Area_{plataforma} = Ancho \times Largo \quad \text{Ecuación 9}$$

$$Area_{plataforma} = 2.30 \text{ m} \times 3.60 \text{ m}$$

$$Area_{plataforma} = 8.28 \text{ m}$$

El cálculo de la carga por metro cuadrado se realizó a través de la división del peso entre el área.

$$Carga_{unitaria} = \frac{Peso\ total}{Area_{plataforma}}$$

Ecuación 10

$$Carga_{unitaria} = \frac{505.9\ Kg}{8.28m}$$

$$Carga_{unitaria} = 61.10\ Kg/m^2$$

Entonces la carga total de la viga crítica está dada por la multiplicación del área tributaria de la viga por la carga unitaria.

$$Carga_{viga\ critica} = Carga_{unitaria} \times Area_{tributaria\ critica}$$

Ecuación 11

$$Carga_{viga\ critica} = 61.10\ Kg/m^2 \times 3.105\ m^2$$

$$Carga_{viga\ critica} = 189.72\ Kg$$

La carga distribuida de la viga crítica, se calcula por la carga total de la viga distribuida entre la longitud de ella.

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ critica} = \frac{Carga_{viga\ critica}}{Largo\ de\ la\ viga}$$

Ecuación 12

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ critica} = \frac{189.72\ Kg}{2.30\ m}$$

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ critica} = 82.49\ Kg/m$$

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ critica} = 0.812\ N/mm$$

Para introducir al software se debe usar la carga factorizada por 1.2

$$Carga_{factorizada} = 1.20 \times 0.812\ N/mm$$

$$Carga_{factorizada} = 0.974\ N/mm$$

b) Carga Viva

La carga viva es una carga que no se considera como una carga constante en la viga, y que su aplicación se da cuando la unidad vehicular esta sobre la plataforma de estacionamiento.

Para el cálculo de la carga viva, se ha decidió tomar el vehículo más pesado de una muestra de las camionetas más comunes en el mercado local, del cuadro a continuación.

Tabla 4: Diferentes dimensiones y medidas de las camionetas que existen en el mercado.

Item	Marca	Modelo	Ancho (mm)	Dist ejes (mm)	Peso total inc. Carga (Kg)	Peso por rueda(Kg)
1	Toyota	Hilux	1815	3085	2710	677.5
2	Nissan	Navara	1848	3200	3240	810
3	Mitsubishi	L200	1800	2960	2910	727.5
4	Volkswagen	Amarok	1954	3095	3040	760
5	Mazda		1850	3220	3200	800
6	Ford	Ranger	1860	3192	3200	800
7	Mahindra		1770	3040	3150	787.5
			1842	3113		766

Fuente: Propia – Excel – Brochure de camionetas

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

De la tabla anterior se puede observar que la camioneta más pesada del mercado, es la camioneta Nissan Navarra, su peso bruto es de 3240 Kg-f, y por rueda tendría un peso de 810 Kg-f

$$Carga_{viva} = 810 \text{ Kg-f}$$

Para la evaluación de la carga muerta y viva se utilizó los siguientes factores

$$Factor_{viva} = 1.6$$

$$Carga_{viva \text{ factorizada}} = 1296 \text{ Kg-f}$$

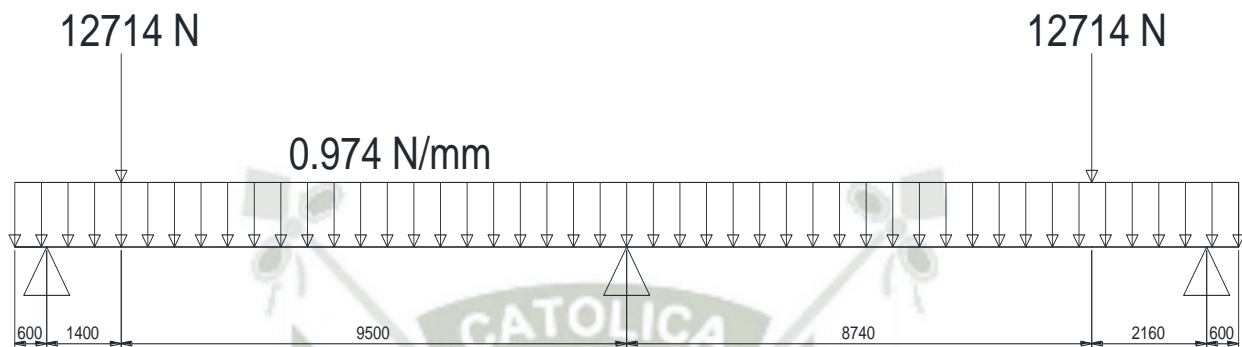
$$Carga_{viva \text{ factorizada}} = 12713.76 \text{ N}$$

Para el cálculo de la viga crítica se tiene que tomar un conjunto de muestras que indicaran donde será la posición más crítica de trabajo. El vehículo tiene un rango de 620 mm para encajar una de sus ruedas a través de toda la plataforma.

Para realizar este conjunto de pruebas se consideró lo siguiente: una rueda de 150 mm de espesor que se transformó en una carga puntual, con un tope de 75 mm al límite de las caras internas del canal de recorrido y realizar un análisis computacional a cada 50 mm del canal de recorrido, para conocer el punto exacto del mayor momento generado por la rueda del vehículo.

De ello se concluyó que la localización del punto crítico de la carga vehicular se encontraba de la siguiente forma.

Figura 11: Viga en el estado más crítico



Fuente: Propia - AutoCAD 2016

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.1.3 Cálculo de reacciones

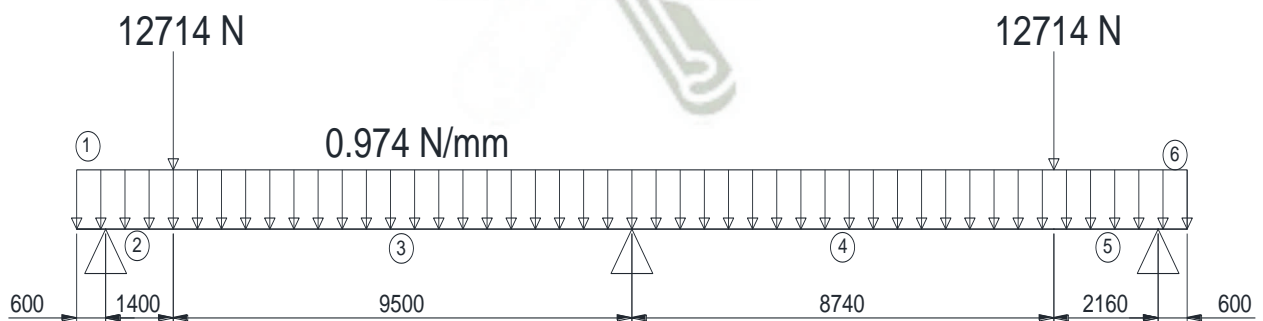
a. Cálculo Manual

Para el cálculo de las reacciones se utilizó el método de la doble integración. Se usa este método, debido a que la viga es estáticamente indeterminada

Para este cálculo se divide a la viga en 06 secciones, y se calculó sus cuatro ecuaciones de fuerza cortante, momento flector, ángulo de deflexión y la deflexión.

La siguiente grafica muestra las 6 secciones de la viga.

Figura 12: Secciones de la viga cargada, dividida para analizarlas por tramos.



Fuente: Propia - AutoCAD 2016

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Sección 01; $0 \leq x < 0.06m$

$$V_1(x) = 974x$$

$$M_1(x) = \frac{974x^2}{2}$$

$$\theta_1(x) = \frac{974x^3}{6} + C_1$$

$$y_1(x) = \frac{974x^4}{24} + C_1x + C_2$$

Sección 02; $0.06m \leq x < 0.2m$

$$V_2(x) = 974x - R_A$$

$$M_2(x) = \frac{974x^2}{2} - R_A(x - 0.06)$$

$$\theta_2(x) = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + C_3$$

$$y_2(x) = \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + C_3x + C_4$$

Sección 03; $0.2m \leq x < 1.15m$

$$V_3(x) = 974x - R_A + 12713.76$$

$$M_3(x) = \frac{974x^2}{2} - R_A(x - 0.06) + 12713.76(x - 0.2)$$

$$\theta_3(x) = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} + C_5$$

$$y_3(x) = \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} + C_5x + C_6$$

Sección 04; $1.15m \leq x < 2.024m$

$$V_4(x) = 974x - R_A + 12713.76 - R_B$$

$$M_4(x) = \frac{974x^2}{2} - R_A(x - 0.06) + 12713.76(x - 0.2) - R_B(x - 1.15)$$

$$\theta_4(x) = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + C_7$$

$$y_4(x) = \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + C_7x + C_8$$

Sección 05; $2.024m \leq x < 2.24m$

$$V_5(x) = 974x - R_A + 12713.76 - R_B + 12713.76$$

$$M_5(x) = \frac{974x^2}{2} - R_A(x - 0.06) + 12713.76(x - 0.2) - R_B(x - 1.15) + 12713.76(x - 2.042)$$

$$\theta_5(x) = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 2.042)^2}{2} + C_9$$

$$y_5(x) = \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 2.024)^3}{6} + C_9x + C_{10}$$

Sección 06; $2.24m \leq x < 2.3m$

$$V_6(x) = 974x - R_A + 12713.76 - R_B + 12713.76 - R_C$$

$$M_6(x) = \frac{974x^2}{2} - R_A(x - 0.06) + 12713.76(x - 0.2) - R_B(x - 1.15) + 12713.76(x - 2.042) - R_C(x - 2.24)$$

$$\theta_6(x) = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 2.042)^2}{2} - \frac{R_C(x - 2.24)^2}{2} + C_{11}$$

$$y_6(x) = \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 2.024)^3}{6} - \frac{R_C(x - 2.24)^3}{6} + C_{11}x + C_{12}$$

Para calcular las constantes se realizó una evaluación en los puntos donde existen condiciones de frontera.

Primera condición de frontera

$$x = 0.06; \theta_1(x) = \theta_2(x)$$

$$\frac{974x^3}{6} + C_1 = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + C_3$$

$$C_1 = C_3$$

Segunda Condición de frontera

$$x = 0.2; \theta_2(x) = \theta_3(x)$$

$$\frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + C_3 = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} + C_5$$

$$C_3 = C_5$$

Tercera Condición de frontera

$$x = 1.15; \theta_3(x) = \theta_4(x)$$

$$\frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} + C_5$$

$$= \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + C_7$$

$$C_5 = C_7$$

Cuarta Condición de frontera

$$x = 2.042; \theta_4(x) = \theta_5(x)$$

$$\frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + C_7$$

$$= \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2}$$

$$+ \frac{12713.76(x - 2.042)^2}{2} + C_9$$

$$C_7 = C_9$$

Quinta Condición de frontera

$$x = 2.24; \theta_5(x) = \theta_6(x)$$

$$\begin{aligned} & \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 2.042)^2}{2} \\ & + C_9 \\ & = \frac{974x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.06)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 0.2)^2}{2} - \frac{R_B(x - 1.15)^2}{2} \\ & + \frac{12713.76(x - 2.042)^2}{2} - \frac{R_C(x - 2.24)^2}{2} + C_{11} \\ & C_9 = C_{11} \end{aligned}$$

De la misma manera se tiene las condiciones de frontera generadas por la deflexión de la viga.

Sexta condición de frontera

$$x = 0.06; y_1(x) = y_2(x)$$

$$\begin{aligned} \frac{974x^4}{24} + C_1x + C_2 &= \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + C_3x + C_4 \\ C_2 &= C_4 \end{aligned}$$

Séptima condición de frontera

$$x = 0.2; y_2(x) = y_3(x)$$

$$\begin{aligned} \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + C_3x + C_4 \\ &= \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} + C_5x + C_6 \\ C_4 &= C_6 \end{aligned}$$

Octava condición de frontera

$$x = 1.15; y_3(x) = y_4(x)$$

$$\begin{aligned} & \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} + C_5x + C_6 \\ &= \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + C_7x \\ &+ C_8 \end{aligned}$$

$$C_6 = C_8$$

Novena condición de frontera

$$x = 2.024 ; y_4(x) = y_5(x)$$

$$\begin{aligned} & \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + C_7x + C_8 \\ &= \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} \\ &+ \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 2.024)^3}{6} + C_9x \\ &+ C_{10} \end{aligned}$$

$$C_8 = C_{10}$$

Decima condición de frontera

$$x = 2.24 ; y_5(x) = y_6(x)$$

$$\begin{aligned} & \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} \\ &+ \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 2.024)^3}{6} + C_9x \\ &+ C_{10} \\ &= \frac{974x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.06)^3}{6} \\ &+ \frac{12713.76(x - 0.2)^3}{6} - \frac{R_B(x - 1.15)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 2.024)^3}{6} \\ &- \frac{R_C(x - 2.24)^3}{6} + C_{11}x + C_{12} \end{aligned}$$

$$C_{10} = C_{12}$$

Del cálculo anterior se obtiene 5 ecuaciones con 5 variables, de esta manera la viga indeterminada, se logra calcular.

Ecuación 01

$$0.06 C_1 + C_2 = 0.00052596$$

Ecuación 13

Ecuación 02

$$1.15 C_1 + C_2 - 0.2158R_A = -1887.7238$$

Ecuación 14

Ecuación 03

$$2.24 C_1 + C_2 - 1.7267 R_A - 0.2158R_B = -19032.3512$$

Ecuación 15

Ecuación 04

$$1.09 R_B + 2.18 R_C = 29191.5690$$

Ecuación 16

Ecuación 05

$$R_A + R_B + R_C = 27667.72$$

Ecuación 17

En la siguiente tabla, se muestra las ecuaciones halladas con anterioridad

Tabla 5: Sistema de ecuaciones expresado en forma matricial.

C1	C2	Ra	Rb	Rc	Total
0.06	1	0	0	0	0.0005
1.15	1	-0.2158	0	0	-1887.7238
2.24	1	-1.7267	-0.2158	0	-19032.3512
0	0	0	1.09	2.18	29191.5690
0	0	1	1	1	27667.7200

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

De la división de las matrices se puede obtener los valores de las reacciones y de las constantes

Tabla 6: Respuestas del sistema de ecuaciones dadas en la tabla 04

Denominación	Resultados
C1	353.881
C2	-21.232
Ra	10533.147
Rb	7487.891
Rc	9646.683

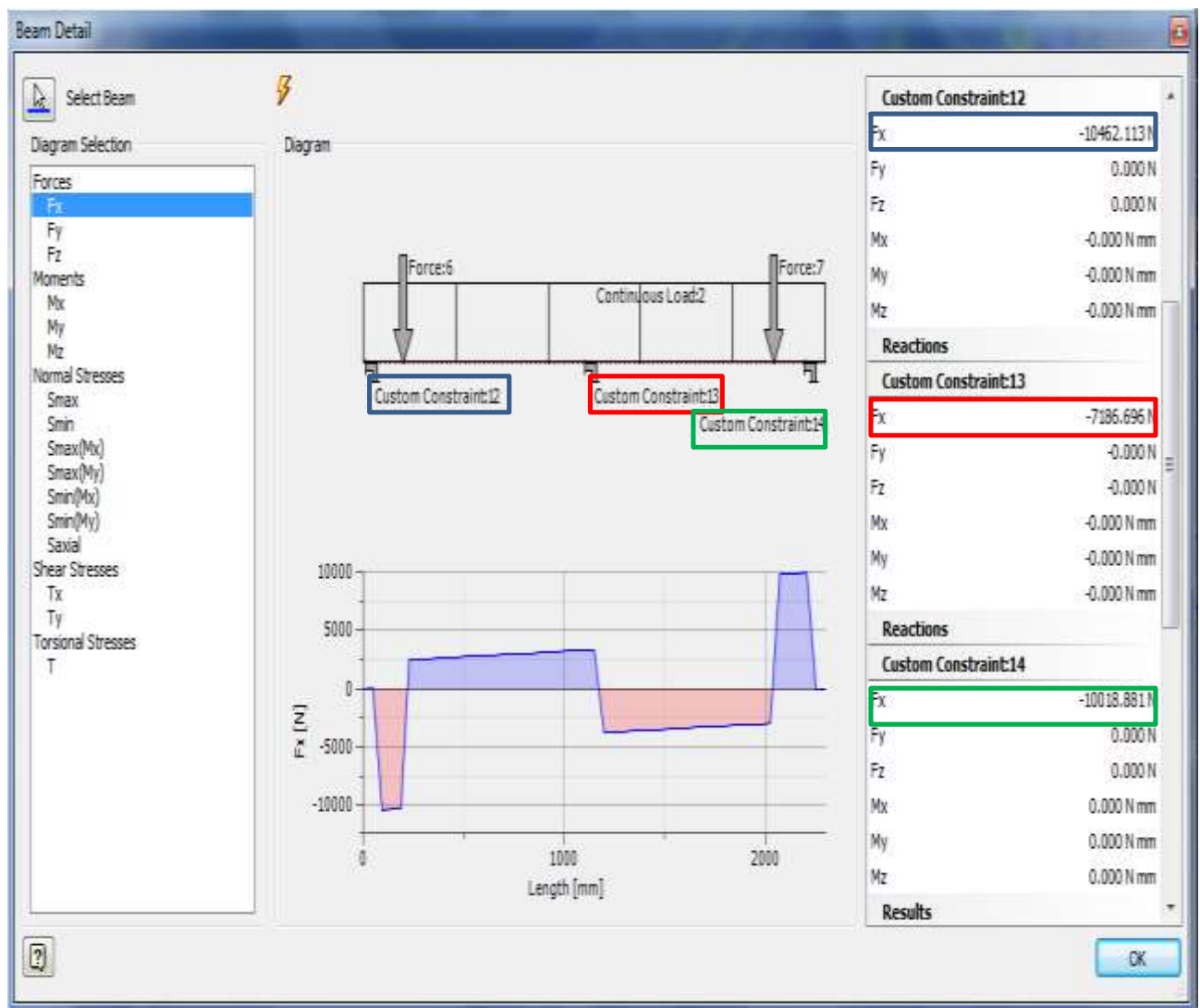
Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

b. Cálculo computacional INVENTOR 2015

En la siguiente imagen se puede observar las reacciones de la viga, que nos servirán para calcular el espesor del diámetro del eje de la rueda, cuando se realiza el cálculo del eje de la rueda.

Figura 13: Reacciones a, b y c, extraídas del cálculo computacional de inventor 2015.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.1.4 Diagrama de Fuerzas Cortantes

Para el cálculo de los diagramas de fuerzas cortantes, se realizó de dos formas: manual y computacional.

a. DFC Manual

El diagrama de los fuerzas cortantes se halló a partir de las ecuaciones que se calcularon en el cálculo anterior, para ello se juntó todas las ecuaciones de fuerzas cortantes.

Ecuación 01; $0 \leq x < 0.06$

$$V_1(x) = 974x \quad \text{Ecuación 18}$$

Ecuación 02; $0.06 \leq x < 0.2$

$$V_2(x) = 974x - 10533.147 \quad \text{Ecuación 19}$$

Ecuación 03; $0.2 \leq x < 1.15$

$$V_3(x) = 974x + 2180.612 \quad \text{Ecuación 20}$$

Ecuación 04; $1.15 \leq x < 2.024$

$$V_4(x) = 974x - 5307.276 \quad \text{Ecuación 21}$$

Ecuación 05; $2.024 \leq x < 2.24$

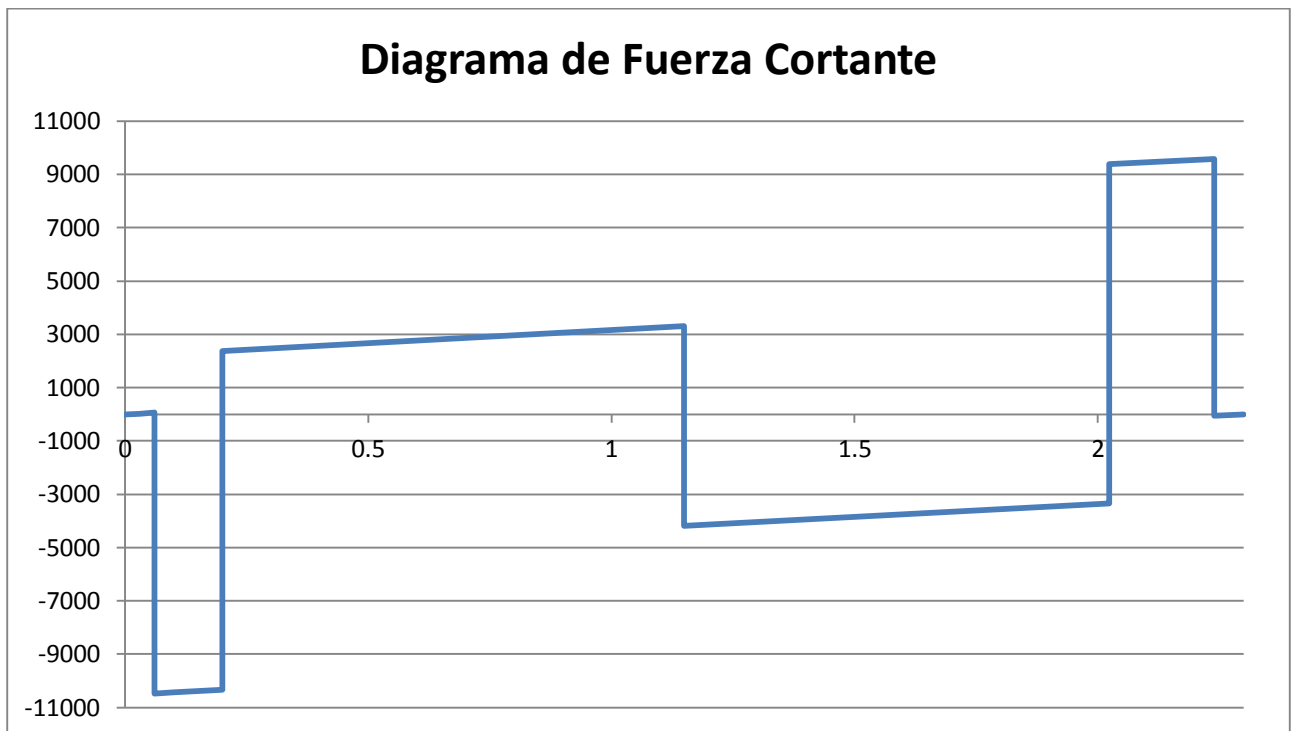
$$V_5(x) = 974x + 7406.484 \quad \text{Ecuación 22}$$

Ecuación 06; $2.24 \leq x < 2.3$

$$V_6(x) = 974x - 2240.2 \quad \text{Ecuación 23}$$

Luego se realizó un dibujo de la función en Excel

Figura 14: Diagrama de fuerzas cortantes de la viga crítica.



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Todas ecuaciones al ser dibujadas dan una secuencialidad de funciones, las cuales se evaluarán según la distancia.

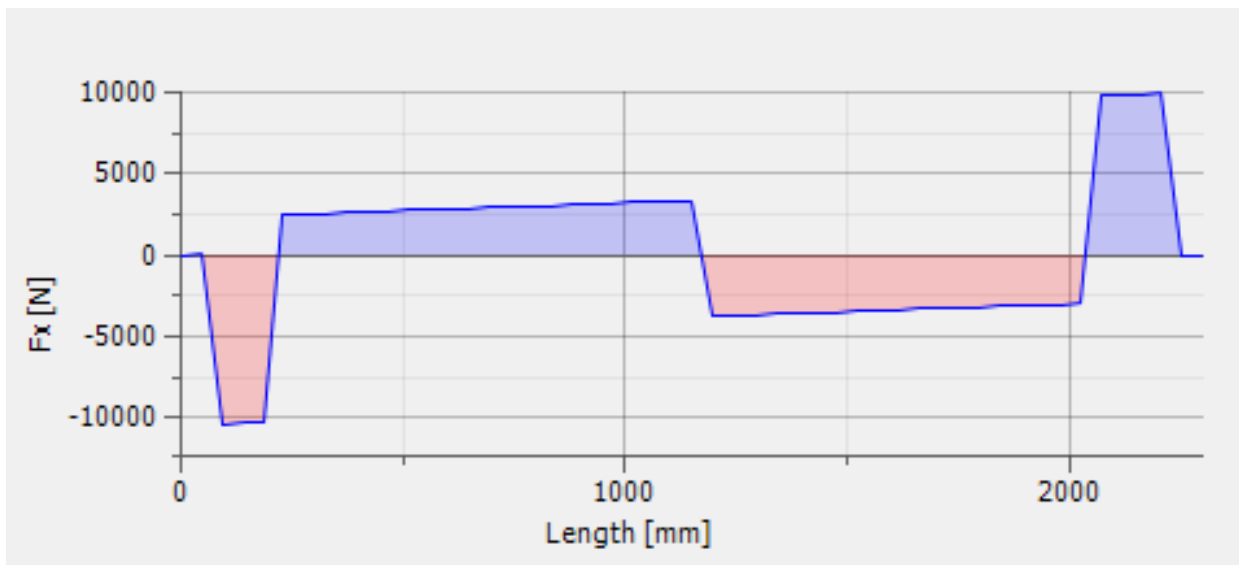
Para el caso de cortante se tiene que la distancia crítica es cuando $x = 0.06$, dando como resultado un cortante de $V = -10520.96$

b. DFC Computacional

El diagrama de fuerzas cortantes computacional, se corroboró los resultados de los cálculos manuales.

La siguiente imagen se extrajo del programa Inventor 2015, donde se muestra el diagrama de fuerzas cortantes.

Figura 15: Diagrama de fuerzas cortantes extraído del programa inventor 2015.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Donde el valor de la fuerza cortante cuando $x = 0.06$, es igual a $10520.96N$

3.2.1.5 Diagrama de Momento Flector

Los diagramas de momentos flectores, se calculó de forma manual y computacional.

a. DMF Manual

El diagrama de los momentos flectores se halló a partir de las ecuaciones que se calcularon en el cálculo de reacciones, para ello se juntó todas las ecuaciones de momentos flectores.

Ecuación 01; $0 \leq x < 0.06$

$$M_1(x) = 487x^2 \quad \text{Ecuación 24}$$

Ecuación 02; $0.06 \leq x < 0.2$

$$M_2(x) = 487x^2 - 10533.148x + 631.989 \quad \text{Ecuación 25}$$

Ecuación 03; $0.2 \leq x < 1.15$

$$M_3(x) = 487x^2 + 2180.612x - 1910.763 \quad \text{Ecuación 26}$$

Ecuación 04; $1.15 \leq x < 2.024$

$$M_4(x) = 487x^2 - 5307.276x + 6700.308$$

Ecuación 27

Ecuación 05; $2.024 \leq x < 2.24$

$$M_5(x) = 487x^2 + 7406.484x - 19032.342$$

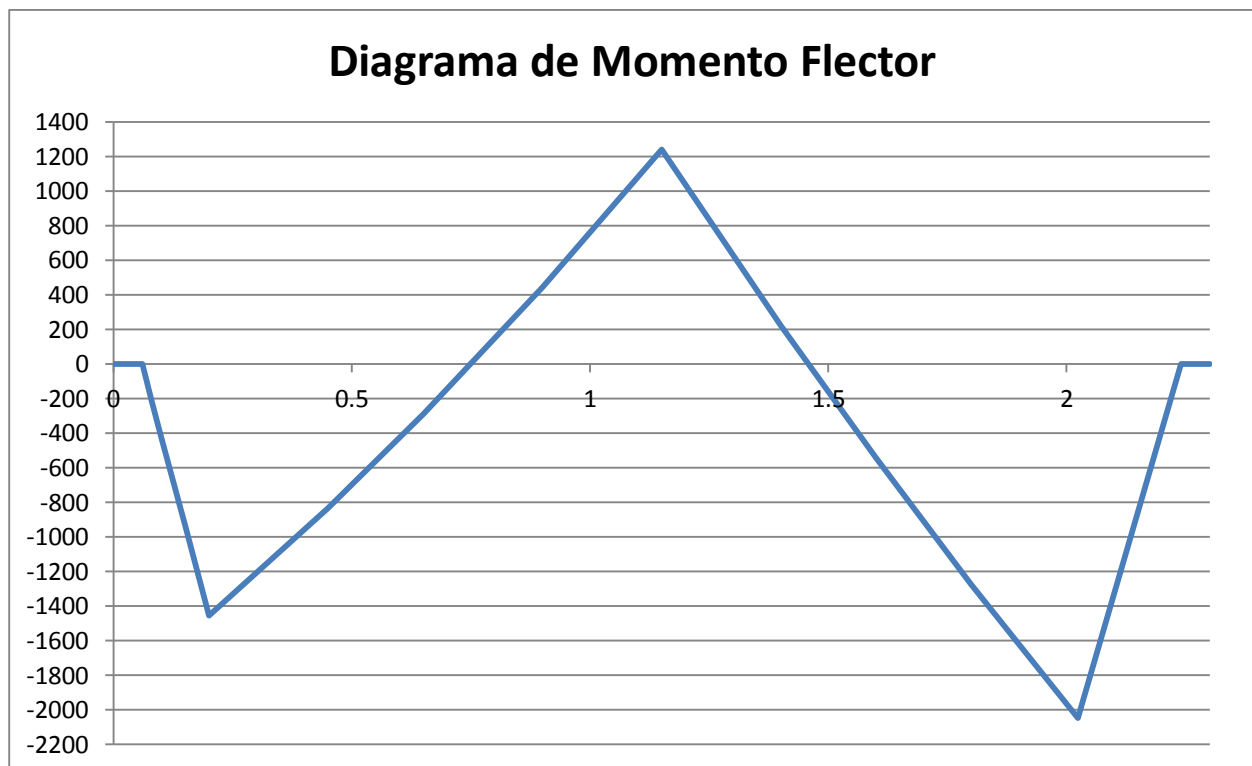
Ecuación 28

Ecuación 06; $2.24 \leq x < 2.3$

$$M_6(x) = 487x^2 - 2240.2x + 2576.23$$

Ecuación 29

Figura 16: Diagrama de momentos flectores de la viga crítica.



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El conjunto de las ecuaciones de los tramos de los momentos dio como resultado el momento flector.

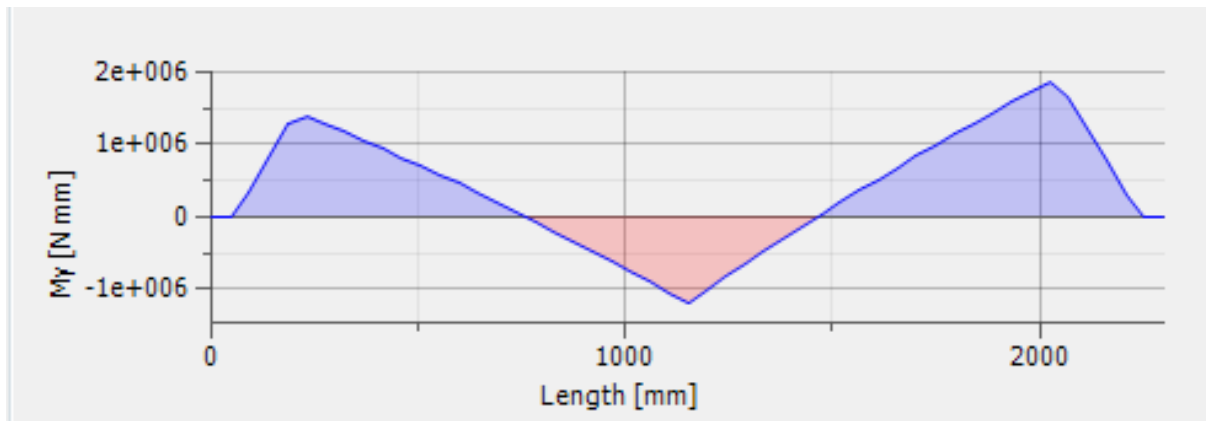
A través del cálculo se puede observar que el sector con mayor momento se encuentra cuando $x = 2.024 \text{ m}$, para esta distancia el momento es $M = 2046.59 \text{ N m}$

Este cálculo servirá para calcular la sección de la viga.

b. DMF Computacional - Inventor 2015

En la imagen mostrada a continuación se puede observar la magnitud del momento generado a través de toda la viga, de la cual se puede sacar como conclusión que el mayor momento se encuentra cuando $x = 2.024$

Figura 17: Diagrama de momentos flectores, extraídos del programa computacional inventor 2015.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.1.6 Selección de Perfil

a. Calculo Manual

Para la selección de los elementos se usó el Libro de Diseño de estructuras en Acero de Mc Cormac, este es un libro que se utiliza como un manual para el diseño, En el cual se utilizan las normas americanas y se pueden diferenciar dos normas, la LRFD y la ASD.

Para el presente trabajo tesis, se utilizó el método del LRFD.

Para la selección del perfil, se debe hallar un perfil que pueda resistir el momento generado por las cargas aplicadas.

Para el cálculo del momento, se observa que el máximo momento se encuentra en el punto $x=2.024$, para evaluar esta función, se tiene 2 opciones, Se puede evaluar en la ecuación 4 o en la ecuación 5, para nuestro cálculo, se evaluó con la ecuación 4.

Ecuación 04; $x = 2.024$

$$M_4(x) = 487x^2 - 5307.276x + 6700.308$$

$$M_4(x) = -2046.59Nm$$

Para seleccionar el perfil, El momento último de la viga debe ser mayor al momento originado por las cargas.

Para el cálculo del momento último, se debe calcular el módulo de sección plástico, este módulo se obtendrá de tablas de un catálogo de perfiles C.

Se seleccionó el perfil C6x 8.2 en su eje y-y, Se seleccionó este sentido del perfil para no tener problemas con la altura de la plataforma.

Figura 18: Diagrama de momentos flectores, extraídos del programa computacional inventor 2015.

Sección Peralte x Peso Nominales (In X lb/ft)	Peso (kg/m)	DIMENSIONES						PROPIEDADES										
		Peralte d (mm)	Espesor del Alma t _w (mm)	Patín		k (mm)	T (mm)	Área A (cm ²)	e ₀ (cm)	Eje X-X				Eje Y-Y				
				Ancho b _f (mm)	Espesor t _f (mm)					I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	Z (cm ³)	I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	\bar{x} (cm)	Z (cm ³)
C 3 X 3.5	5.21	76.2	3.35	34.8	6.93	17.5	41.3	6.65	1.25	65.3	17.0	3.05	20.3	7.03	2.98	1.00	1.13	5.96
C 3 X 4.1	6.10	76.2	4.32	35.8	6.93	17.5	41.3	7.81	1.17	68.7	18.0	2.97	21.6	7.95	3.21	1.01	1.11	6.54
C 4 X 4.5	6.70	102	3.17	40.2	7.52	19.0	63.5	8.52	1.49	152	30.0	4.14	34.7	12.0	4.34	1.16	1.25	8.70
C 4 X 5.4	8.04	102	4.67	40.2	7.52	19.0	63.5	10.26	1.27	160	31.5	3.96	37.5	13.0	4.54	1.13	1.16	9.26
C 6 X 8.2	12.2	152	5.08	48.8	8.71	20.6	111	15.48	1.52	545	71.3	5.94	84.6	28.6	8.00	1.36	1.30	16.2

Fuente: Diseño de estructura de acero 5ta Edición p. 242

Autor: Jack C. McCormac

$$Z = 16.2 \text{ cm}^3$$

$$Z = 0.989 \text{ pulg}^3$$

Se calculó el momento plástico nominal

$$M_{px} = F_y \times Z$$

Ecuación 30

$$M_{px} = 36 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} \times 0.989 \text{ pulg}^3$$

$$M_{px} = 35.589 \text{ Klb pulg}$$

$$M_{px} = 4022.44 \text{ Nm}$$

El factor de reducción por flexión es de 0.9

$$M_u = \phi M_{px} = 3620.19 \text{ Nm}$$

Del cálculo se puede observar, que el momento último que puede resistir la viga es mayor que el momento generado por las cargas

$$M_u > |M_4(x)|$$

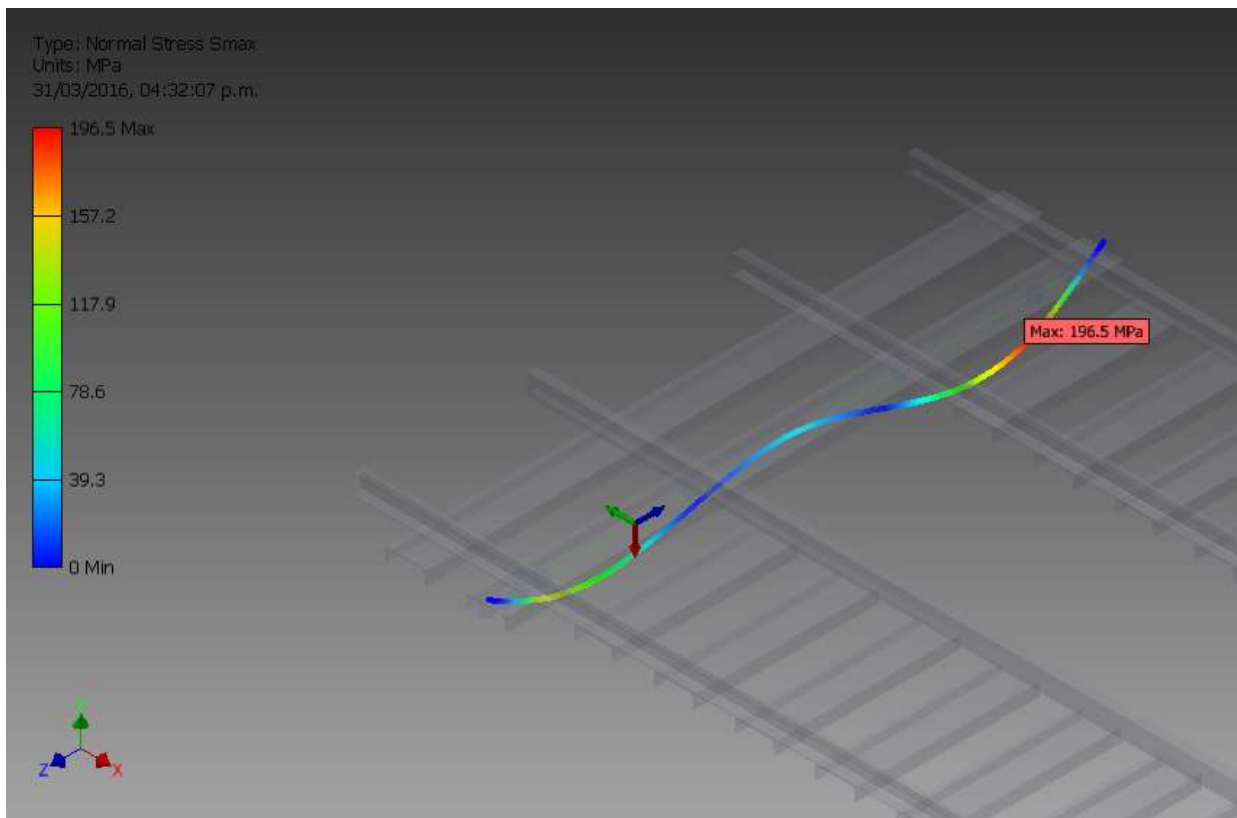
$$3620.19 \text{ Nm} > 2046.59 \text{ Nm}$$

b. Cálculo Computacional

Para decidir el tipo de perfil que se utilizó en la viga principal, se debe tener una librería de perfiles que nos permita seleccionar y probar la sección más conveniente para la viga analizada. El inventor es un programa que provee una librería de perfiles estructurales. Con la ayuda de esta librería podemos probar el perfil que pueda soportar las cargas con las que trabaja la viga.

A continuación se presenta una imagen con el perfil C6x8.2.

Figura 19: Viga no supera los 250 MPa.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Para el cálculo computacional, se observó que la viga alcanzaba los 196.5 MPa, menor a los 250MPa, puede resistir la viga. Entonces el perfil utilizado para la viga será C 6 x 8.2.

3.2.2 Diseño de viga perpendicular a la viga crítica.

Existen 4 vigas perpendiculares a los ejes deslizantes, pero para el cálculo se seleccionó la más crítica de ellas. La función de esta viga es unir a los dos ejes deslizantes, esta viga a su vez soportara el peso de una de las ruedas del carro. La viga será diseñada para soportar el peso de la camioneta en el punto más crítico. El punto más crítico del análisis se encuentra aproximadamente a la mitad del tramo.

3.2.2.1 Área Tributaria

La viga más crítica de las 4 vigas existentes se encuentra en la zona interior, esta viga debe asumir todo el peso de la estructura.

Para el cálculo del área tributaria se usó los planos que nos indicaran el área que abarca la viga crítica.

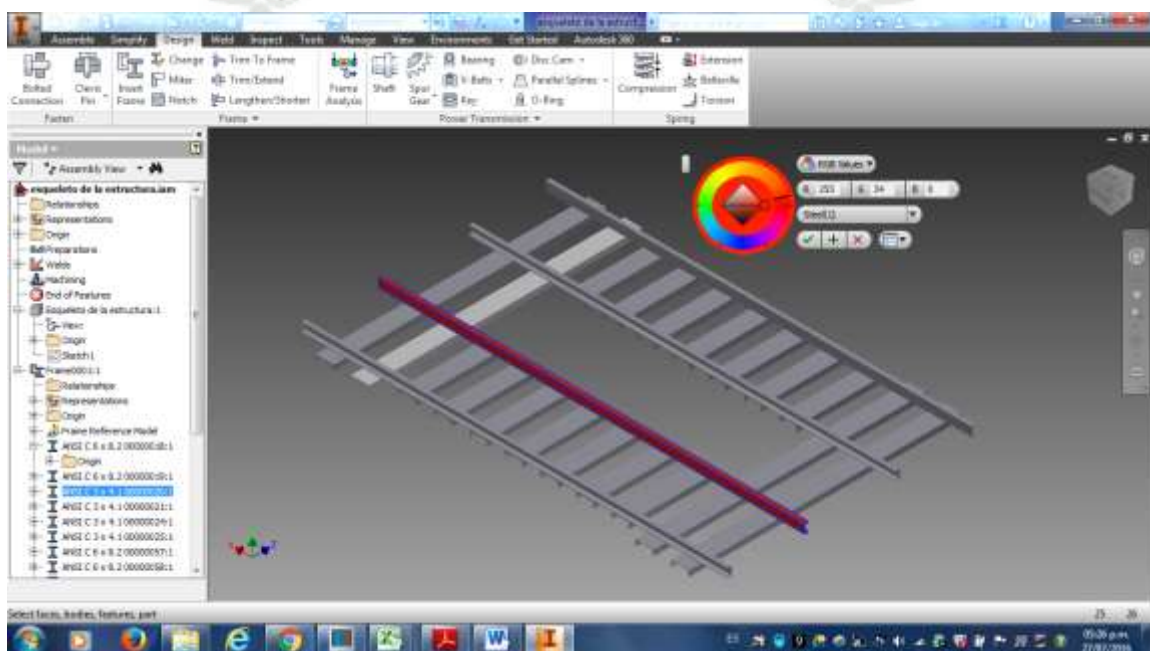
$$Area_{tributaria\ crítica} = Ancho_{tributario} \times largo_{tributario}$$

Ecuación 31

$$Area_{tributaria\ crítica} = 1.36\ m \times 3.60\ m$$

$$Area_{tributaria\ crítica} = 4.90\ m^2$$

Figura 20: Viga que soportara el mayor peso puntual y distribuido.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.2.2 Calculo de cargas

Para el cálculo de cargas básicamente se tiene 2 tipos de cargas, que estarán separadas para el análisis.

a. Carga Muerta

En las cargas muertas se tiene dos tipos de cargas muertas, el peso propio de la viga y el peso tributario de la viga.

- **La carga propia de la viga**

Esta carga es considerada como carga muerta del equipo, como es una carga muerta debe ser afectada por el factor de 1.2, para ello se aumentó la aceleración de la gravedad por el factor 1.2, dándonos como resultado 11.772 m/s^2 .

- **Carga Tributaria**

Esta carga forma parte de las cargas muertas, la carga tributaria que se calculó se aproxima a un tercio de la estructura, para encontrar esta carga distribuida, se tiene que hallar el peso promedio de la estructura por metro cuadrado.

Como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 7: Peso del restante de la estructura que funcionara como carga distribuida.

Item	Descripcion	Peso
1	Peso de las vigas	297
2	Plancha protectora	164.8
3	Baterias	20
4	Soldadura 5%	24.09
	Total	505.89

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El área total de la estructura está dado por el ancho y largo del equipo

$$Area_{plataforma} = Ancho \times Largo \quad \text{Ecuación 32}$$

$$Area_{plataforma} = 2.30 \text{ m} \times 3.60 \text{ m}$$

$$Area_{plataforma} = 8.28 \text{ m}$$

El cálculo de la carga por metro cuadrado se realizó a través de la división del peso entre el área

$$Carga_{unitaria} = \frac{Peso \text{ total}}{Area_{plataforma}} \quad \text{Ecuación 33}$$

$$Carga_{unitaria} = \frac{505.9 \text{ Kg}}{8.28 \text{ m}}$$

$$Carga_{unitaria} = 61.10 \text{ Kg}/m^2$$

Entonces la carga total de la viga crítica está dada por la multiplicación del área tributaria de la viga y la carga unitaria

$$Carga_{viga\ crítica} = Carga_{unitaria} \times Area_{tributaria\ crítica}$$

Ecuación 34

$$Carga_{viga\ crítica} = 61.10 \text{ Kg}/m^2 \times 4.90 \text{ m}^2$$

$$Carga_{viga\ crítica} = 299.69 \text{ Kg}$$

La carga distribuida de la viga crítica, es calcula por la Carga total de la viga distribuida entre la longitud de ella.

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ crítica} = \frac{Carga_{viga\ crítica}}{Largo\ de\ la\ viga}$$

Ecuación 35

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ crítica} = \frac{299.69 \text{ Kg}}{3.60 \text{ m}}$$

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ crítica} = 83.24 \text{ Kg}/m$$

$$Carga_{distribuida\ de\ la\ viga\ crítica} = 0.816 \text{ N}/mm$$

Para introducir al software se debe usar la carga factorizada por 1.2

$$Carga_{factorizada} = 1.20 \times 0.816 \text{ N}/mm$$

$$Carga_{factorizada} = 0.98 \text{ N}/mm$$

b. Carga Viva

La carga viva es una carga que no es una constante en la viga, y que su aplicación se da cuando la unidad vehicular esta sobre la plataforma de estacionamiento.

La carga viva no cambio con respecto a la viga analizada con anterioridad, entonces se tomó el mismo peso que lo tomado para el cálculo anterior

$$Carga_{viva} = 810 \text{ Kg}$$

Para la evaluación de la carga viva se utilizó los siguientes factores

$$Factor_{viva} = 1.6$$

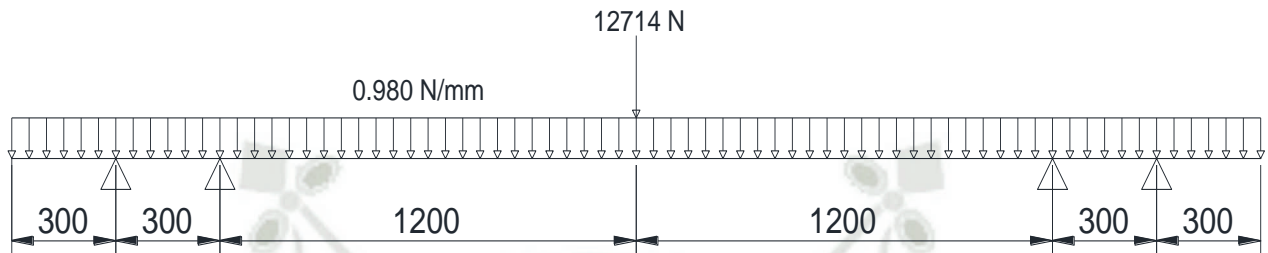
$$Carga_{viva\ factorizada} = 1296 \text{ Kg}$$

$$Carga_{viva\ factorizada} = 12713.76 \text{ N}$$

3.2.2.3 Cálculo de reacciones

Para el cálculo de las reacciones se hace necesaria la ilustración de la viga sometida a análisis.

Figura 21: Diagrama de cargas de la viga.



Fuente: Propia - AutoCAD

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

Entonces se seccionó la viga en 6 tramos, para su respectivo análisis. Como se muestra a continuación.

Sección 01; $0 \leq x < 0.3$

$$V_1(x) = 980x$$

$$M_1(x) = \frac{980x^2}{2}$$

$$\theta_1(x) = \frac{980x^3}{6} + C_1$$

$$y_1(x) = \frac{980x^4}{24} + C_1x + C_2$$

Sección 02; $0.3 \leq x < 0.6$

$$V_2(x) = 980x - R_A$$

$$M_2(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3)$$

$$\theta_2(x) = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} + C_3$$

$$y_2(x) = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} + C_3x + C_4$$

Sección 03; $0.6 \leq x < 1.8$

$$V_3(x) = 980x - R_A - R_B$$

$$M_3(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6)$$

$$\theta_3(x) = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x - 0.6)^2}{2} + C_5$$

$$y_3(x) = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + C_5x + C_6$$

Sección 04; $1.8 \leq x < 3$

$$V_4(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76$$

$$M_4(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8)$$

$$\theta_4(x) = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x - 0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 1.8)^2}{2} + C_7$$

$$y_4(x) = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} + C_7x + C_8$$

Sección 05; $3 \leq x < 3.3$

$$V_5(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76 - R_C$$

$$M_5(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8) - R_C(x - 3)$$

$$\theta_5(x) = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x - 0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 1.8)^2}{2} - \frac{R_C(x - 3)^2}{2} + C_9$$

$$y_5(x) = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} - \frac{R_C(x - 3)^3}{6} + C_9x + C_{10}$$

Sección 06; $3.3 \leq x < 3.6$

$$V_6(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76 - R_C - R_D$$

$$M_6(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8) - R_C(x - 3) - R_D(x - 3.3)$$

$$\theta_6(x) = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x - 0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x - 1.8)^2}{2} - \frac{R_C(x - 3)^2}{2} - \frac{R_D(x - 3.3)^2}{2} + C_{11}$$

$$y_6(x) = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} - \frac{R_C(x - 3)^3}{6} - \frac{R_D(x - 3.3)^3}{6} + C_{11}x + C_{12}$$

Para calcular las constantes se realizó una evaluación en los puntos donde existen condiciones de frontera.

Primera condición de frontera

$$x = 0.3; \theta_1(x) = \theta_2(x)$$

$$\frac{980x^3}{6} + C_1 = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} + C_3$$

$$C_1 = C_3$$

Segunda Condición de frontera

$$x = 0.6; \theta_2(x) = \theta_3(x)$$

$$\frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} + C_3 = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x - 0.3)^2}{2} + \frac{R_B(x - 0.6)^2}{2} + C_5$$

$$C_3 = C_5$$

Tercera Condición de frontera

$$x = 1.8; \theta_3(x) = \theta_4(x)$$

$$\begin{aligned} \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} + \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + C_5 \\ = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x-1.8)^2}{2} + C_7 \\ C_5 = C_7 \end{aligned}$$

Cuarta Condición de frontera

$$\begin{aligned} x = 3; \theta_4(x) = \theta_5(x) \\ \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x-1.8)^2}{2} + C_7 \\ = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x-1.8)^2}{2} \\ - \frac{R_C(x-3)^2}{2} + C_9 \\ C_7 = C_9 \end{aligned}$$

Quinta Condición de frontera

$$\begin{aligned} x = 3.3; \theta_5(x) = \theta_6(x) \\ \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x-1.8)^2}{2} - \frac{R_C(x-3)^2}{2} + C_9 \\ = \frac{980x^3}{6} - \frac{R_A(x-0.3)^2}{2} - \frac{R_B(x-0.6)^2}{2} + \frac{12713.76(x-1.8)^2}{2} \\ - \frac{R_C(x-3)^2}{2} - \frac{R_D(x-3.3)^2}{2} + C_{11} \\ C_9 = C_{11} \end{aligned}$$

De la misma manera se tiene las condiciones de frontera generadas por la deflexión de la viga

Sexta condición de frontera

$$\begin{aligned} x = 0.3; y_1(x) = y_2(x) \\ \frac{980x^4}{24} + C_1x + C_2 = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x-0.3)^3}{6} + C_3x + C_4 \\ C_2 = C_4 \end{aligned}$$

Séptima condición de frontera

$$x = 0.6; y_2(x) = y_3(x)$$

$$\frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} + C_3x + C_4 = \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + C_5x + C_6$$

$$C_4 = C_6$$

Octava condición de frontera

$$x = 1.8; y_3(x) = y_4(x)$$

$$\frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + C_5x + C_6$$

$$= \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} + C_7x + C_8$$

$$C_6 = C_8$$

Novena condición de frontera

$$x = 3; y_4(x) = y_5(x)$$

$$\frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} + C_7x + C_8$$

$$= \frac{980x^4}{24}$$

$$- \frac{R_A(x - 0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x - 0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x - 1.8)^3}{6} - \frac{R_C(x - 3)^3}{6} + C_9x$$

$$+ C_{10}$$

$$C_8 = C_{10}$$

Decima condición de frontera

$$x = 3.3; y_5(x) = y_6(x)$$

$$\begin{aligned} & \frac{980x^4}{24} - \frac{R_A(x-0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x-0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x-1.8)^3}{6} - \frac{R_C(x-3)^3}{6} + C_9x + C_{10} \\ & = \frac{980x^4}{24} \\ & - \frac{R_A(x-0.3)^3}{6} - \frac{R_B(x-0.6)^3}{6} + \frac{12713.76(x-1.8)^3}{6} - \frac{R_C(x-3)^3}{6} \\ & - \frac{R_D(x-3.3)^3}{6} + C_{11}x + C_{12} \\ & C_{10} = C_{12} \end{aligned}$$

Del cálculo anterior se obtiene 6 ecuaciones con 6 variables, de esta manera la viga se vuelve en una viga determinable.

Ecuación 01

$$0.3 C_1 + C_2 = -0.33075$$

Ecuación 36

Ecuación 02

$$0.6 C_1 + C_2 - 0.0045R_A = -5.292$$

Ecuación 37

Ecuación 03

$$3 C_1 + C_2 - 3.2805 R_A - 2.304R_B = -6969.06288$$

Ecuación 38

Ecuación 04

$$3.3C_1 + C_2 - 4.5 R_A - 3.2805R_B - 0.0045R_C = -11994.00075$$

Ecuación 39

Ecuación 05

$$0.3 R_B + 2.7 R_C + 3 R_D = 24362.64$$

Ecuación 40

Ecuación 06

$$R_A + R_B + R_C + R_D = 16241.76$$

Ecuación 41

Para el cálculo las variables del anterior sistema de ecuaciones se utilizaran el Excel

Tabla 8: Matricial del sistema de ecuaciones formadas para el cálculo de las reacciones.

C1	C2	Ra	Rb	Rc	Rd	Total
0.3	1	0	0	0	0	-0.33075
0.6	1	-0.0045	0	0	0	-5.29200
3	1	-3.2805	-2.304	0	0	-6969.06288
3.3	1	-4.5	-3.2805	-0.0045	0	-11994.00075
0	0	0	0.3	2.7	3	24362.64000
0	0	1	1	1	1	16241.76000

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

De la división de las matrices se puede obtener los valores de las reacciones y de las constantes

Tabla 9: Resultados de la operación matricial, realizada para el cálculo de reacciones.

Denominación	Resultados
C1	-205.42
C2	61.30
Ra	-12592.34
Rb	20713.22
Rc	20713.22
Rd	-12592.34

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.2.4 Diagrama de Fuerzas Cortantes

a. Calculo Manual

El diagrama de los fuerzas cortantes se halló a partir de las ecuaciones que se calcularon en el cálculo anterior, para ello se juntó todos las ecuaciones de fuerzas cortantes.

Ecuación 01; $0 \leq x < 0.3$

$$V_1(x) = 980x$$

Reemplazando

$$V_1(x) = 980x$$

Ecuación 42

Ecuación 02; $0.3 \leq x < 0.6$;

$$V_2(x) = 980x - R_A$$

Reemplazando

$$V_2(x) = 980x + 12592.34$$

Ecuación 43

Ecuación 03; $0.6 \leq x < 1.8$

$$V_3(x) = 980x - R_A - R_B$$

Reemplazando

$$V_3(x) = 980x - 8120.88$$

Ecuación 44

Ecuación 04; $1.8 \leq x < 3$

$$V_4(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76$$

Reemplazando

$$V_4(x) = 980x + 4592.88$$

Ecuación 45

Ecuación 05; $3 \leq x < 3.3$

$$V_5(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76 - R_C$$

Reemplazando

$$V_5(x) = 980x - 16120.34$$

Ecuación 46

Ecuación 06; $3.3 \leq x < 3.6$

$$V_6(x) = 980x - R_A - R_B + 12713.76 - R_C - R_D$$

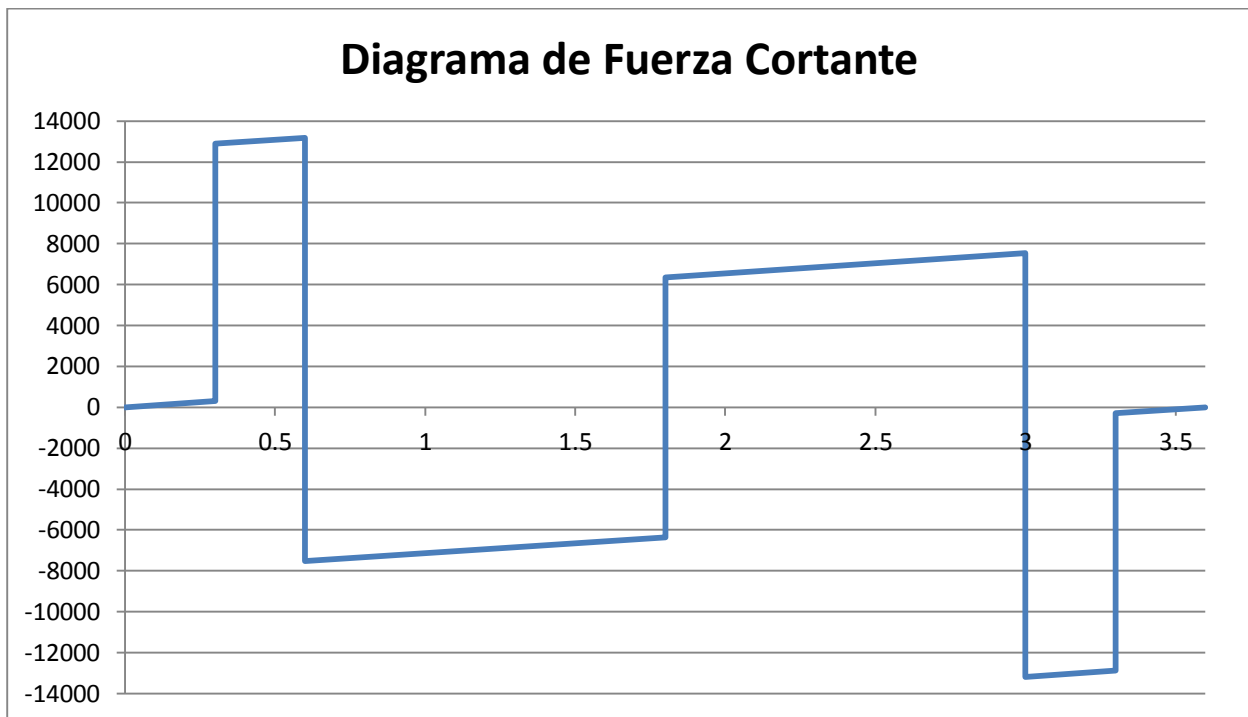
Reemplazando

$$V_6(x) = 980x - 3528$$

Ecuación 47

Para calcular las constantes se realizó una evaluación en los puntos donde todas estas ecuaciones se unen en un sistema de coordenadas, como se muestra en la siguiente figura, donde las abscisas están representadas por la distancia, y las ordenadas están representadas por la fuerza cortante.

Figura 22: Diagrama de fuerza cortantes de la viga.



Fuente: Propia - Excel

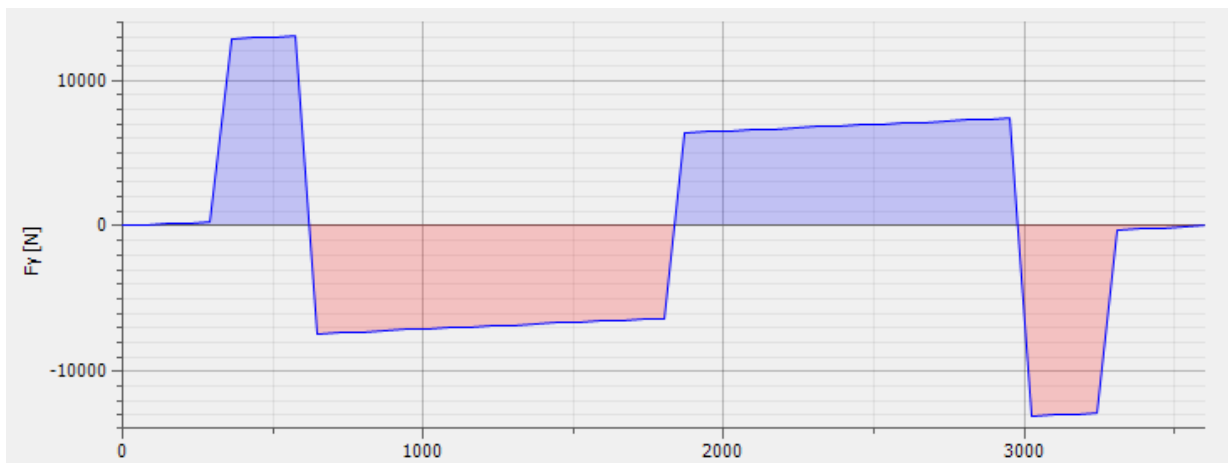
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Donde se tiene que el vector fuerza cortante tiene su mayor magnitud, cuando $x = 0.6$, nos da como resultado un valor de $V = 13180.34N$

b. Cálculo Computacional

El cálculo computacional del programa INVENTOR nos da un resultado máximo de 13043.7 N. Este resultado es muy cercano a los cálculos obtenidos en el cálculo manual.

Figura 23: Diagrama de fuerza cortante del programa inventor 2015.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.2.5 Diagrama de Momento Flector

a. Calculo Manual

El diagrama de los momentos flectores se halló a partir de las ecuaciones que se calcularon en el cálculo anterior, para ello se juntó todas las ecuaciones de momentos flectores.

Ecuación 01; $0 \leq x < 0.3$

$$M_1(x) = \frac{980x^2}{2}$$

Reemplazando

$$M_1(x) = \frac{980x^2}{2}$$

Ecuación 48

Ecuación 02; $0.3 \leq x < 0.6$

$$M_2(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3)$$

Reemplazando

$$M_2(x) = \frac{980x^2}{2} + 12592.34x - 3777.702$$

Ecuación 49

Ecuación 03; $0.6 \leq x < 1.8$

$$M_3(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6)$$

Reemplazando

$$M_3(x) = \frac{980x^2}{2} - 8120.88x + 8326.23$$

Ecuación 50

Ecuación 04; $1.8 \leq x < 3$

$$M_4(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8)$$

Reemplazando

$$M_4(x) = \frac{980x^2}{2} + 4592.88x - 14234.538$$

Ecuación 51

Ecuación 05; $3 \leq x < 3.3$

$$M_5(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8) - R_C(x - 3)$$

Reemplazando

$$M_5(x) = \frac{980x^2}{2} - 16120.34x + 47905.122$$

Ecuación 52

Ecuación 06; $3.3 \leq x < 3.6$

$$M_6(x) = \frac{980x^2}{2} - R_A(x - 0.3) - R_B(x - 0.6) + 12713.76(x - 1.8) - R_C(x - 3) - R_D(x - 3.3)$$

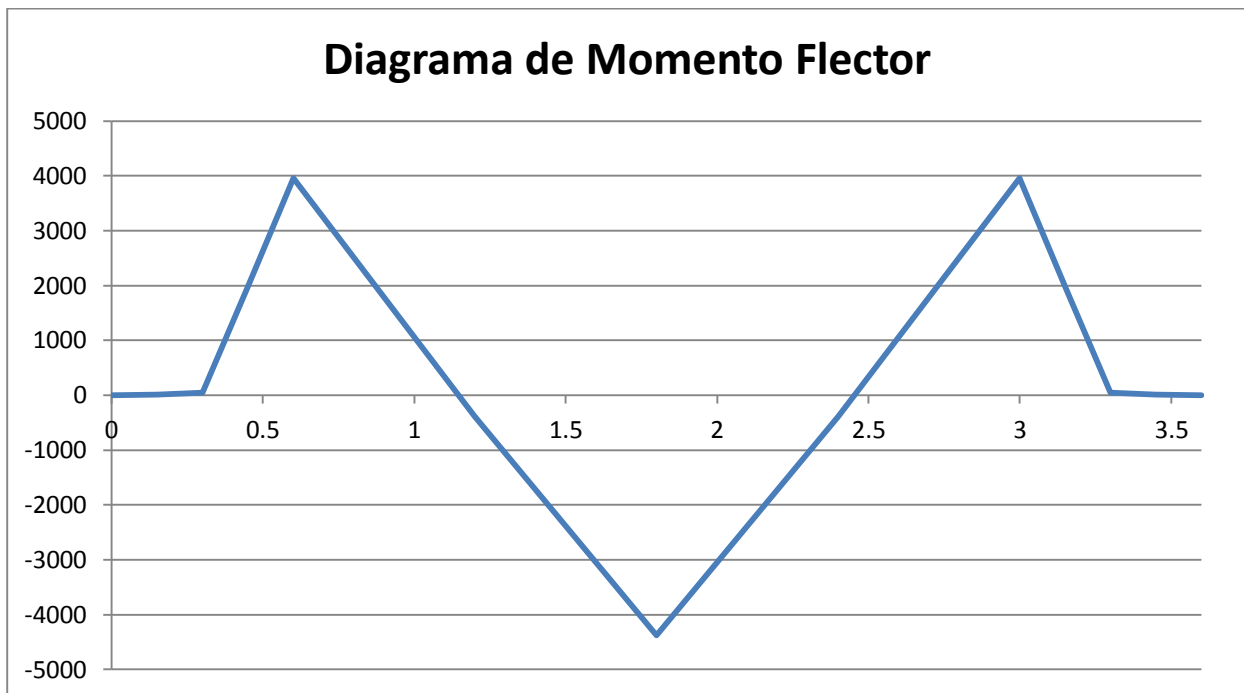
Reemplazando

$$M_6(x) = \frac{980x^2}{2} - 3528x + 6350.4$$

Ecuación 53

El trazo de cada una de las curvas, extraídas a través del cálculo manual, nos dará la magnitud del momento en cada determinada distancia. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 24: Diagrama de momento flector de la viga.



Fuente: Propia - Excel

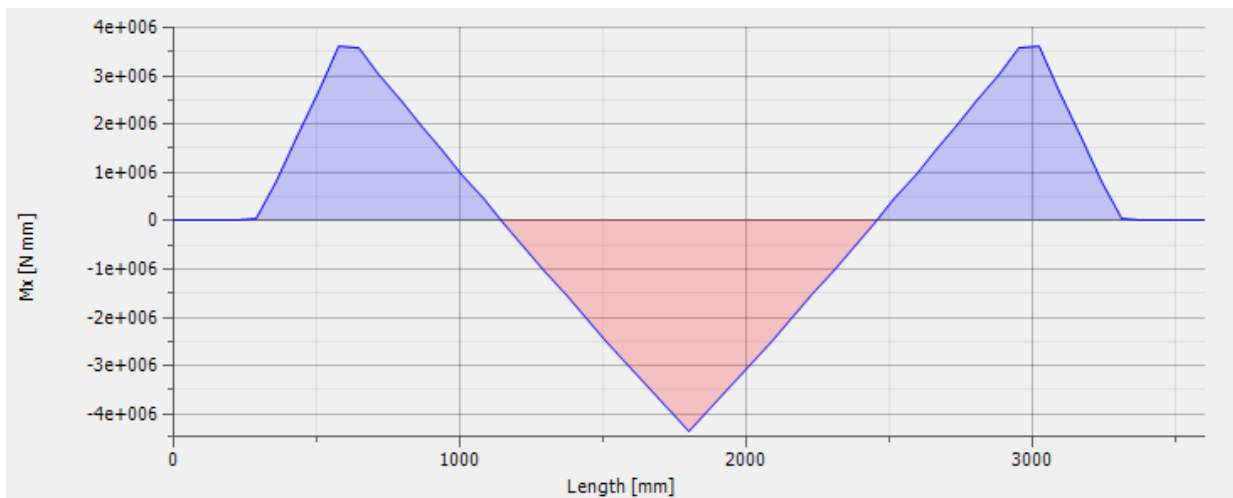
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El mayor momento se encontró en la mitad de la viga, cuando $x = 1.8$, donde da un resultado de $M = 4379.754 \text{ Nm}$, este valor es muy cercano a lo que nos da el programa computacional INVENTOR 2015

b. Calculo Computacional

El cálculo computacional nos da un resultado de un momento máximo negativo de 4358.1 Nm. En la siguiente imagen se observa el diagrama de momento flector de la viga.

Figura 25: Diagrama de momentos flectores de la viga perpendicular a la viga crítica.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.2.6 Selección de Perfil

a. Calculo Manual

Para la selección del perfil, se debe calcular el momento plástico que puede soportar la viga, Para calcular el momento plástico nominal que puede soportar el perfil, se calculó a través de la multiplicación del módulo de sección plástico y del esfuerzo de fluencia del perfil. Para nuestro caso el esfuerzo a la fluencia es de $36 \text{ Klb}/\text{pulg}^2$

Calculo del Momento plástico de la Viga C3x4.1

El módulo de sección plástico, se extraerá de la tabla de los anexos.

$$Z = 21.6 \text{ cm}^3$$

$$Z = 1.318 \text{ pulg}^3$$

Se calcula el momento plástico nominal

$$M_{px} = F_y \times Z$$

Ecuación 54

$$M_{px} = 36 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} \times 1.318 \text{ pulg}^3$$

$$M_{px} = 47.452 \text{ Klb pulg}$$

$$M_{px} = 5374.46 \text{ Nm}$$

El factor de reducción por flexión es de 0.9

$$M_u = \phi M_{px} = 4837.01 Nm$$

Del cálculo se puede observar, que el momento último que puede resistir la viga es mayor que el momento generado por las cargas

$$M_u > |M_3(x = 1.8)|$$

$$4837.01 > 4379.75$$

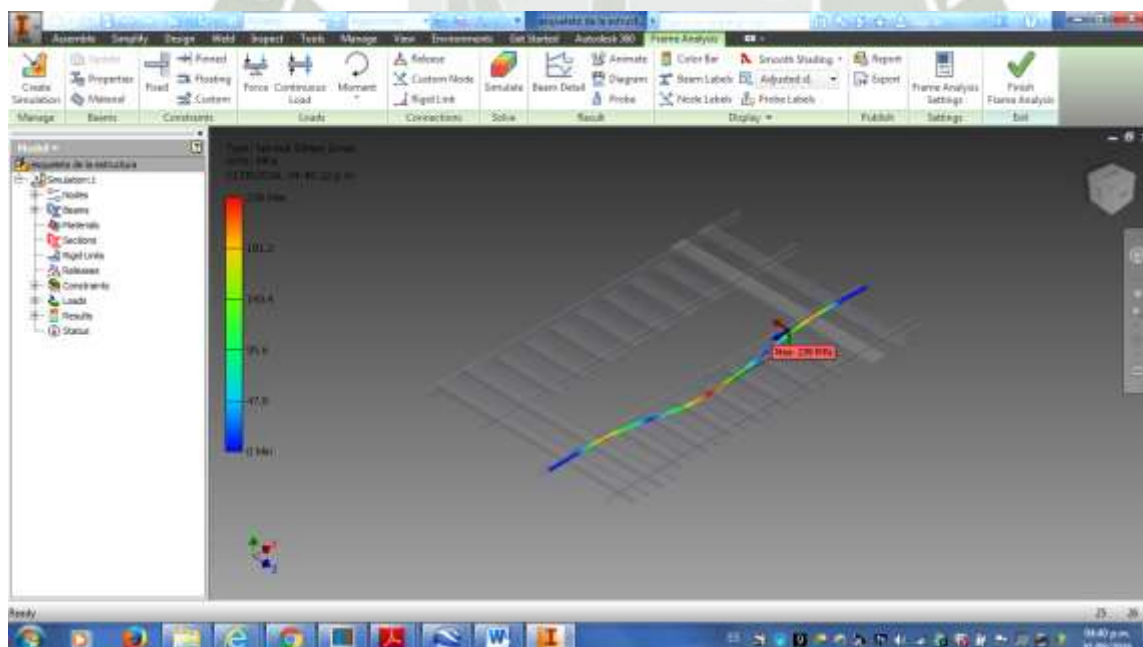
A través de este resultado se puede observar que el momento nominal de la viga es mayor al momento último generado por las cargas.

b. Calculo Computacional

En la siguiente imagen se puede observar que la viga no supera los 250 MPa del límite de fluencia que tiene el acero A36.

En la figura se puede observar que la viga tiene 239MPa como esfuerzo ultimo generado por las cargas, y no supera los 250 MPa de su límite de fluencia. Se da por aceptada el cálculo de la viga.

Figura 26: Análisis de la viga, donde se observa el máximo esfuerzo al cual es sometida la viga.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

3.2.3 Diseño de eje crítico

Para el diseño del eje crítico se debe calcular las cargas, conocer las revoluciones a las cuales trabajo el eje y para poder calcular el diámetro del mismo.

3.2.3.1 Cálculo de cargas

Para el cálculo de las cargas se obtendrá el peso total de la estructura y la plataforma incluyendo sus accesorios. Para el cálculo de las cargas vivas las se obtendrá del cuadro estadístico de pesos y dimensiones.

a. Carga Muerta

La carga muerta para el cálculo del eje móvil, debe representar el total de peso de la estructura, dividido entre el número de apoyos.

Se debe tomar en consideración que el peso total no se distribuye en los 6 ejes uniformemente, Para ello se toma el cuadro referencia de las reacciones que dan la proporción de participación en la distribución de cargas.

Esta Tabla se obtuvo para el cálculo de la viga crítica, la cual une a los 3 soportes.

Tabla 10: Respuestas del sistema de ecuaciones dadas en la tabla 04.

Denominación	Resultados
C1	353.881
C2	-21.232
Ra	10533.147
Rb	7487.891
Rc	9646.683

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Para el cálculo del peso muerto, se tomó el total del peso calculado en la Tabla N°4, y se dividirá proporcionalmente al resultado obtenido en el cálculo de las reacciones de la Tabla N° 6

Tabla 11: Peso del restante de la estructura que funcionara como carga puntual.

Item	Descripcion	Peso
1	Peso de las vigas	297
2	Plancha protectora	164.8
3	Baterias	20
4	Soldadura y perneria 5%	24.09
	Total	505.89

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

$$P_{Carga\ muerta} = 505.89Kgf$$

$$P_{Carga\ muerta\ factorizada} = 1.2 \times 505.89Kgf$$

$$P_{Carga\ muerta\ factorizada} = 607.07Kgf$$

b. Carga Viva

La carga viva es una carga que no es una constante en la viga, y que su aplicación se da cuando la unidad vehicular esta sobre la plataforma de estacionamiento.

La carga viva no cambio, se tomó el mismo peso que lo tomado para el cálculo anterior

$$Carga_{viva} = 3240 Kgf$$

Para la evaluación de la carga muerta y viva se utilizó los siguientes factores

$$Factor_{viva} = 1.6$$

$$Carga_{viva\ factorizada} = 5184 Kgf$$

3.2.3.2 Calculo de reacciones

Para el cálculo de las reacciones, Se guio de la repartición proporcional de las fuerzas en la Tabla N° 4.

Para el cálculo de la fuerza total a ser repartida, se halló sumando la carga viva y la carga muerta.

$$P_u = P_{muerta\ factorizada} + P_{viva\ factorizada}$$

Ecuación 55

$$P_u = 607.07Kgf + 5184Kgf$$

$$P_u = 5791.07Kgf$$

Esta carga se dividirá entre los dos rieles de movimiento.

$$P_u = \frac{5791.07Kgf}{2 \text{ rieles}}$$

$$P_u = 2895.54Kgf$$

Tabla 12: Tabla de reacciones para cada uno de los ejes deslizantes.

	Reacciones	% de carga	Peso total	Peso participativo
Ra	10579.40	0.38237339	2895.54	1107.18
Rb	7185.43	0.25970453	2895.54	751.98
Rc	9902.89	0.35792208	2895.54	1036.38
	27667.72			2895.54

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Para realizar el cálculo del eje crítico se tomó el eje que soporta mayor peso.

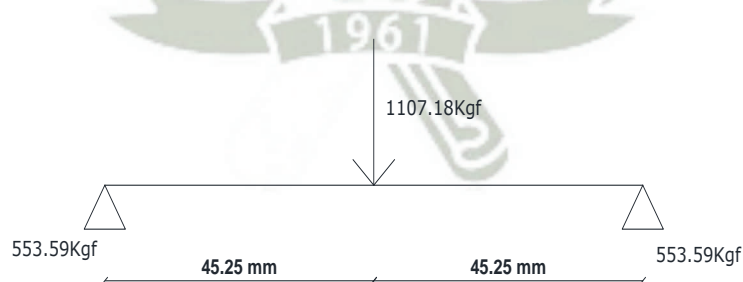
$$R_a = 1107.18Kgf$$

3.2.3.3 Calculo de la Momento Flector

Para el cálculo del momento flector se realizó un análisis de momentos del siguiente diagrama de reacciones.

Donde la fuerza de soporte es de 1107.18Kgf.

Figura 27: Diagrama de reacciones del eje deslizante.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 348

Autor: Fortunato Alva Dávila

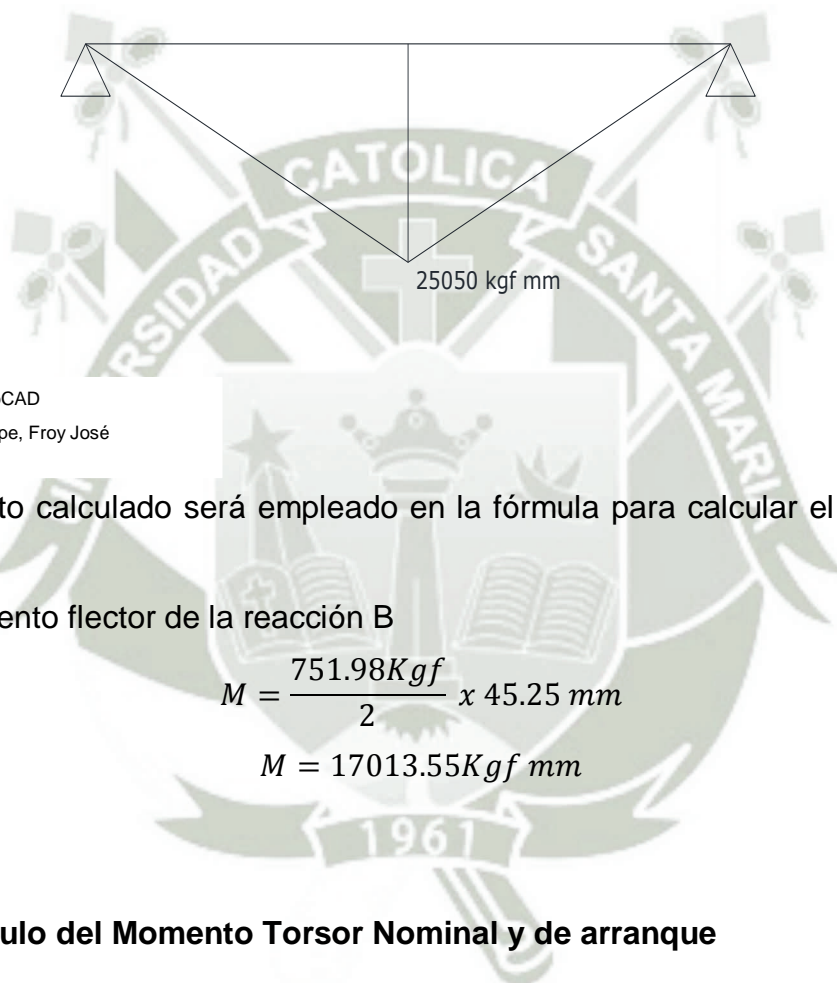
Para calcular el máximo momento de la estructura, se halló a la mitad de la viga, para ello se multiplico la reacción por la distancia hasta el centro de la viga.

$$M = \frac{1107.18Kgf}{2} \times 45.25 \text{ mm}$$

$$M = 25049.5Kgf \text{ mm}$$

Se puede apreciar en el siguiente diagrama, que los momentos resultantes, en los apoyos es cero, debido a que son apoyos con chumaceras flexibles.

Figura 28: Diagrama de momento flector.



Fuente: Propia - AutoCAD

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Este momento calculado será empleado en la fórmula para calcular el diámetro del eje del riel.

Para el momento flector de la reacción B

$$M = \frac{751.98Kgf}{2} \times 45.25 \text{ mm}$$

$$M = 17013.55Kgf \text{ mm}$$

3.2.3.4 Calculo del Momento Torsor Nominal y de arranque

Para el cálculo del momento Torsor, se necesita saber la potencia del motor y la velocidad a la cual trabaja el motor.

Se sabe que la potencia para trasladar un carro es mínima, para nuestro propósito se utilizara moto-reductores de 12V y 12 A

$$Potencia_{CV} = \frac{V \times I}{735watts}$$

Ecuación 56

$$Potencia_{CV} = \frac{12V \times 12A}{735watts}$$

$$Potencia_{CV} = 0.196CV$$

Las revoluciones de trabajo de este motor oscilan entre 40 y 45 RPM

Entonces para el cálculo del momento torsor se tiene lo siguiente

$$T = \frac{716200 \times P_{CV}}{N}$$

Ecuación 57

Dónde:

P_{CV} = Potencia del motor

N = revoluciones por minuto

$$T = \frac{716200 \times 0.196}{40}$$

$$T = 3507.92Kgf \text{ mm}$$

El momento torsor del motor podemos extraerla de las tablas

$$T = 80Nm$$

$$T = 8154.9Kgf \text{ mm}$$

3.2.3.5 Selección de diámetro de eje

Para el cálculo del diámetro del eje, se usó la fórmula del ASME

$$S_{sd} = \frac{16}{\pi \cdot d_o^3 \cdot (1 - K^4)} \sqrt{\left(K_m \cdot M + \frac{\alpha \cdot F \cdot d_o (1 + K^2)}{8}\right)^2 + (K_t \cdot T)^2}$$

Ecuación 58

Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 101

Autor: Fortunato Alva Dávila

Donde

$$S_{sd} = \text{Esfuerzo permisible a corte}$$

$K = \text{Relacion } d_i/d_o$

$\alpha = \text{Factor de carga axial}$

$K_m = \text{Factor de carga mometo flector}$

$K_t = \text{Factor de carga de torsion}$

$M = \text{Momento flector}$

$T = \text{Momento Torsor}$

$d_i = \text{diametro interior del eje}$

$d_o = \text{diametro exterior del eje}$

$F = \text{Carga axial}$

Como no existe una carga axial, se suprime toda la parte de la fuerza axial quedando solo lo siguiente.

$$S_{sd} = \frac{16}{\pi \cdot d_o^3 \cdot (1 - K^4)} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2}$$

Ecuación 59

Calculo del Factor K

$$K^4 = \left(\frac{9.4}{33.338} \right)^4$$

$$K^4 = 0.031$$

El factor es tan pequeño que podría a llegar a despreciarse.

Para calcular el diámetro externo, se debe de recordar que se deberá iterar con varios diámetros antes de tener el diámetro verdadero del cálculo, para el cálculo del factor K se realizó con iteraciones anteriores, que al final fueron corregidas con el diámetro $d_o = 33.338mm$

Calculo del Factor K_m para carga aplicada súbitamente

$$K_m = 1.5$$

Calculo del Factor K_t para carga aplicada súbitamente

$$K_t = 1.5$$

Para el cálculo del S_{sd}

Se realiza lo siguiente

El eje será del acero A-36

$$f_y = 250MPa$$

$$S_{sd} = \frac{250MPa \times 0.3 \times 0.75}{9.81}$$

$$S_{sd} = 5.73Kgf/mm^2$$

Entonces para reemplazar en el formula, se tiene lo siguiente.

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_{sd} \cdot (1 - K^4)} \sqrt{(K_m \cdot M +)^2 + (K_t \cdot T)^2}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 5.73 \cdot (1 - 0.031)} \sqrt{(1.5 \cdot 17013.55)^2 + (1.5 \cdot 8154.9)^2}$$

$$d_o = 29.61mm$$

Se calculó el diámetro con la reacción en el extremo más crítico

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_{sd} \cdot (1 - K^4)} \sqrt{(K_m \cdot M +)^2}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 5.73} \sqrt{(1.5 \cdot 25049.5)^2}$$

$$d_o = 32.2mm$$

Entonces se elige un diámetro superior

$$d_o = 33.338mm \text{ o } 1\frac{5}{16} \text{ pulg}$$

Comprobación por deflexión lateral

Para calcular la deflexión máxima del eje, se aplica la siguiente formula de tablas

$$y_{max} = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Ecuación 60

Dónde:

y_{max} = deflexion maxima

P = Fuerza ultima

L = longitud

E = Modulo de elasticidad

I = Inercia

Para realizar el cálculo se debe transformar todas las fuerzas en lb-f y las distancias en pulgadas.

$$P = 1107.18Kgf$$

$$P = 2435.796lbf$$

La longitud de chumacera a chumacera es de

$$L = 3.563pulg$$

El módulo de elasticidad es de

$$E = 29000000 \text{ lbf/pulg}^2$$

La inercia es de

$$I = \frac{\pi \cdot r^3}{4}$$

Ecuación 61

$$I = \frac{\pi \cdot 1.3125^3}{4}$$

$$I = 1.776 \text{ pulg}^4$$

Entonces se reemplaza en la fórmula

$$y_{max} = \frac{2435.796lbf \cdot (3.563pulg)^3}{48 \cdot 29000000 \text{ lbf/pulg}^2 \cdot 1.776 \text{ pulg}^4}$$

$$y_{max} = 0.0000445 \text{ pulg}$$

Esta es la deflexión causada por la carga aplicada a la viga.

Para calcular la deflexión máxima que puede soportar, se calculó de la siguiente manera.

$$y = 0.00015L$$

Ecuación 62

La distancia L es la distancia desde la carga hasta la chumacera, esta fórmula se aplica para chumaceras deslizantes.

$$y = 0.00015 \cdot 1.7815 \text{ pulg}$$

$$y = 0.000267 \text{ pulg}$$

Entonces se puede observar que la deflexión máxima no supera la deflexión permitida, por lo que se da como correcta la deflexión.

$$y = 0.000267 \text{ pulg} > y_{max} = 0.0000445 \text{ pulg}$$

Para realizar el cálculo de la deformación angular por torsión.

Se debe de calcular la deformación máxima permitida y compararla con la deformación total.

$$\theta = \frac{3\text{minutos}}{\text{pie}}$$

Este dato nos da por establecidos al tomar un eje que trabaja a cargas reversibles súbitas.

Entonces lo máximo permitido será

$$\theta = \frac{3\text{minutos}}{\text{pie}} \cdot L$$

Ecuación 63

Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 102

Autor: Fortunato Alva Dávila

$$\theta = \frac{3\text{minutos}}{\text{pie}} \cdot 0.2969\text{pie}$$

$$\theta = 0.89 \text{ min}$$

$$\theta = 0.0148^\circ$$

Para el cálculo de la deformación angular por torsión para el eje será calculado por la formula

$$\theta = \frac{584 \cdot T \cdot L}{G \cdot d^4}$$

Ecuación 64

Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 351

Autor: Fortunato Alva Dávila

Dónde:

θ = Angulo de rotacion

T = momento de torsion

L = longitud entre apoyos

G = modulo de elasticidad transversal 8400Kgf/mm²

d = diametro de la seccion

Entonces se realiza el reemplazo en la formula

El momento torsor será

$$T = 1145.92 \text{Kgf mm}$$

La longitud del eje entre apoyos es

$$L = 90.5 \text{mm}$$

Se reemplaza

$$\theta = \frac{584 \cdot 8154.9 \text{Kgf mm} \cdot 90.5}{8400 \text{Kgf/mm}^2 \cdot 33.338 \text{mm}^4}$$

$$\theta = 0.04 \text{min}$$

Este resultado es mucho menor a lo permitido

$$\theta = 0.04 \text{min} \ll 0.89 \text{min}$$

3.2.3.6 Chaveta del motor

La chaveta del motor viene definida por el catalogo, se analizó la cantidad de torque que puede resistir la chaveta a través de las siguientes ecuaciones

$$T = \frac{W \cdot L \cdot d \cdot S}{2}$$

Ecuación 65

Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 395

Autor: Fortunato Alva Dávila

Dónde:

W: Ancho de la chaveta

L: longitud de la chaveta

d: diámetro de la chaveta

S: Esfuerzo permisible al corte 5.50Kgf/mm^2

$$T = \frac{5 \text{mm} \cdot 20 \text{mm} \cdot 14 \text{mm} \cdot 5.5 \text{Kgf/mm}^2}{2}$$

$$T = 3850 \text{Kgf - mm}$$

Calculo de la potencia

$$P = \frac{T(\text{Kgf - mm}) \cdot N(\text{RPM})}{716200}$$

Fuente: Diseño de elementos de máquinas II, p. 395

Autor: Fortunato Alva Dávila

Donde

N: número de revoluciones

$$P = \frac{3850 \text{ Kgf} - \text{mm} \cdot 40 \text{ RPM}}{716200}$$

$$P = 0.22 \text{ CV}$$

$$P = 0.21 \text{ hp}$$

Esta potencia del motor es de 0.196CV, menor a la potencia que puede soportar la chaveta.

$$\text{Potencia}_{CV} = 0.196CV < P_{chaveta} = 0.22CV$$

Altura de la chaveta

$$h = \frac{4T}{L \cdot d \cdot S_c}$$

Ecuación 66

Dónde:

T = momento de torsion

L = longitud entre apoyos

d = diametro de la seccion

S_c = Esfuerzo al aplastamiento 9.80 Kgf/mm²

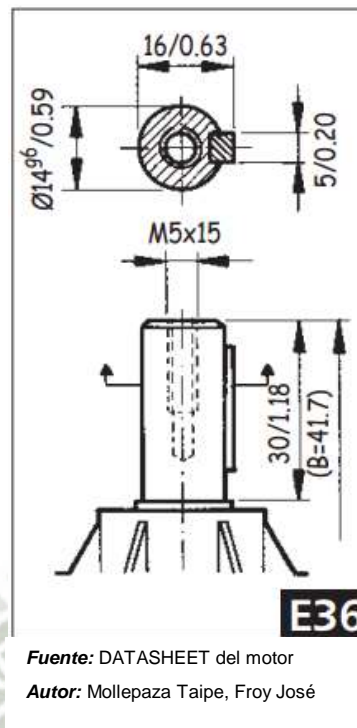
$$h = \frac{4 \cdot 3850 \text{ Kgf} - \text{mm}}{20\text{mm} \cdot 14\text{mm} \cdot 9.8\text{Kgf}/\text{mm}^2}$$

$$h = 5.6\text{mm}$$

La chumacera tiene una altura de 5mm, cercano a la altura requerida de trabajo.

$$h_{\text{diseño}} = 5.6\text{mm} \cong 5\text{mm}$$

Figura 29: Chaveta del motor



3.2.3.7 Chaveta del eje

Se calculó el torque que debe de soportar la chaveta del eje por la potencia del motor $Potencia_{CV} = 0.196CV$

$$T(Kgf \cdot mm) = \frac{P(CV) \cdot 716200}{N(RPM)} \quad \text{Ecuación 67}$$

$$T = \frac{0.196CV \cdot 716200}{40RPM}$$

$$T = 3509.38 Kgf \cdot mm$$

Seguidamente se calculó la longitud de la chaveta de 10mm de espesor

$$T = \frac{W \cdot L \cdot d \cdot S}{2} \quad \text{Ecuación 68}$$

$$L = \frac{2 \cdot T}{W \cdot d \cdot S_c}$$

$$L = \frac{2 \cdot 3509.38 Kgf \cdot mm}{10mm \cdot 33.338mm \cdot 5.5Kgf/mm^2}$$

$$L = 3.83mm$$

Para este caso se escogerá una chaveta de 10mm de ancho por 15mm de largo, esto es muy superior a los 3.83mm que necesitaría la chaveta.

$$L = 3.83mm < 15mm$$

Altura de la chaveta

$$h = \frac{4T}{L \cdot d \cdot S_c}$$

Ecuación 69

Dónde:

$T =$ momento de torsion

$L =$ longitud entre apoyos

$d =$ diametro de la seccion

$S_c =$ Esfuerzo al aplastamiento $9.80 \text{ Kg}/\text{mm}^2$

$$h = \frac{4 \cdot 3509.38 \text{ Kg} - \text{mm}}{15\text{mm} \cdot 33.338\text{mm} \cdot 9.8\text{Kg}/\text{mm}^2}$$

$$h_{chaveta} = 2.9\text{mm}$$

Debido a que la altura es muy baja se tomó una altura de 10mm.

$$h_{chaveta} = 2.9\text{mm} < 10\text{mm}$$

Para la finalización del cálculo se tomó una chaveta de 10mm x 10mm x 15mm

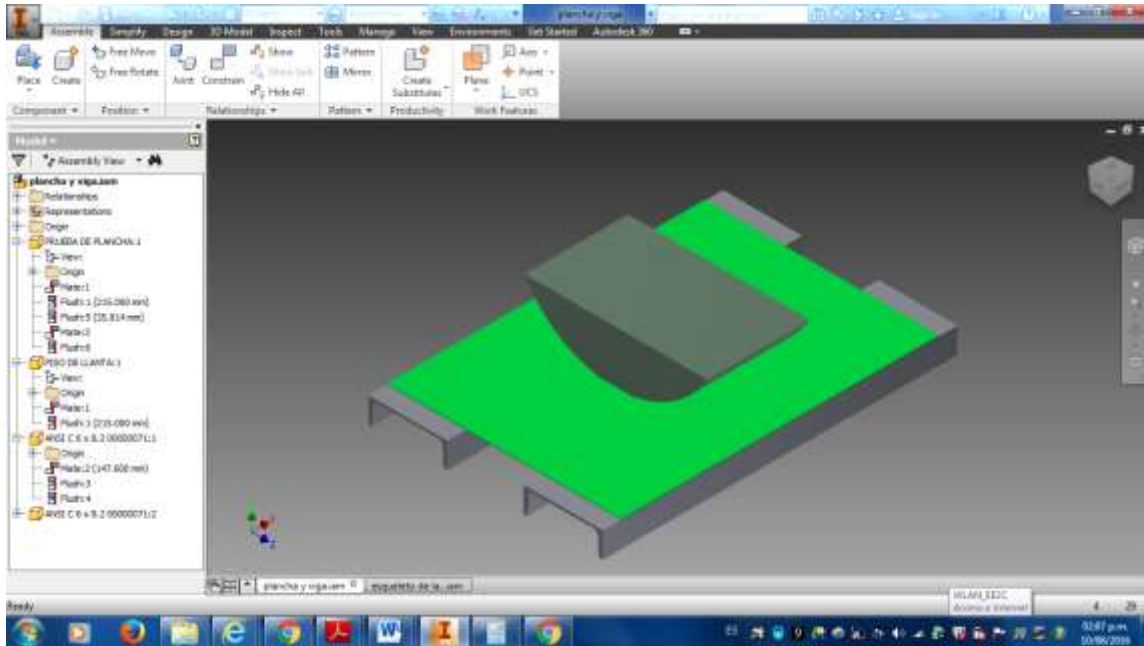
3.2.4 Diseño de Elementos críticos

Algunos elementos serán diseñados por elementos finitos, debido a la complejidad de las fuerzas y de las reacciones que generan, cuando son aplicadas a la pieza, o debido a la misma complejidad de la pieza, entre las siguientes piezas se tiene a:

3.2.4.1 Plancha estructural de tramos iguales

Para el cálculo estructural de la plancha estructural, se utilizó el programa INVENTOR 2015, este programa nos permite realizar cálculo de piezas en tres dimensiones por elementos finitos.

Figura 30: Rueda del caucho del automóvil soportada por la plancha estructural, que se encuentra apoyada sobre los dos perfiles c.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

La distancia mostrada en la figura anterior es igual en todas sus secciones, salvo las últimas dos secciones tienen una distancia mayor, para la cual se diseñó en otra sección.

a. Materiales a prueba

- **Acero A36**

Tabla 13: Propiedades del Acero A36

Nombre	Acero estructural	
General	Densidad	7.85 g/cm ³
	Esfuerzo	207 MPa
	Esfuerzo ultimo	345 MPa
	Modulo de Young	210 GPa
	Numero de Poisson	0.3 ul
	Modulo de corte	80.7692 GPa

Fuente: Librería de materiales

Autor: Inventor 2015

- **Caucho**

Tabla 14: Propiedades del Caucho

Nombre	Caucho	
General	Densidad	1.25 g/cm ³
	Esfuerzo	10.34 MPa
	Esfuerzo ultimo	6.5 MPa
	Modulo de Young	0.003 GPa
	Numero de Poisson	0.49 ul
	Modulo de corte	0.00100671 GPa

Fuente: Librería de materiales

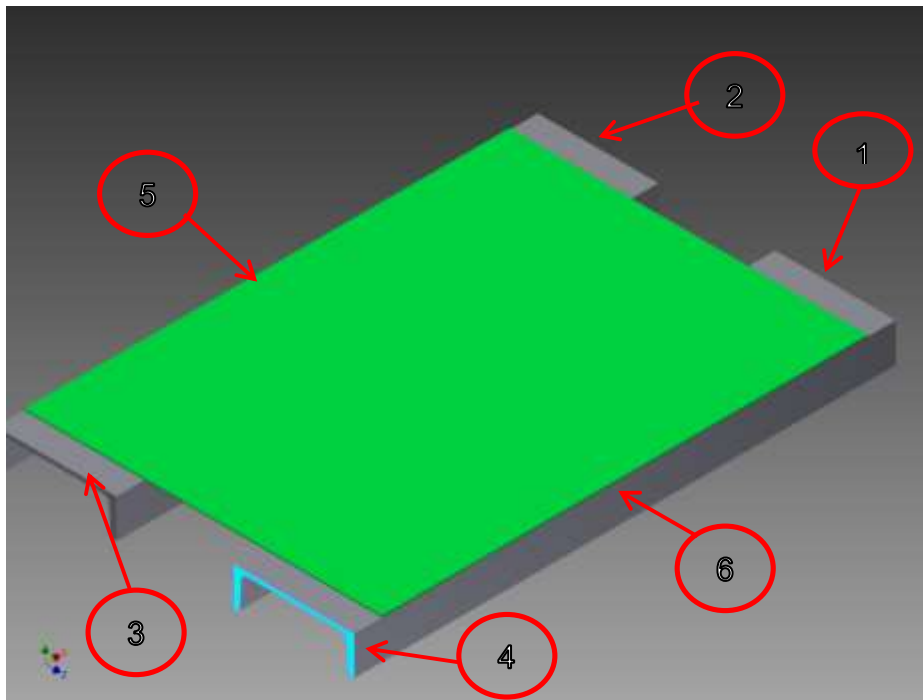
Autor: Inventor 2015

Para el cálculo del espesor de la carga se aplicó una carga de 12713.76 N, sobre la rueda de caucho, que tendrá una área de contacto de 6 cm x 200 cm aproximadamente.

b. Puntos de restricción

Para el cálculo se definirá seis puntos de apoyo rígidos, los cuales se muestra a continuación

Figura 31: Caras de la estructura con soporte restringido.



Estas caras *Fuente:* Propia – Inventor 2015
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

son rígidas, sobre estas caras se generaran momentos, la estructura, este diseño se realiza para simular el real funcionamiento de la plancha sobre el tramo en vacío, que soporto el peso del automóvil, cuando este circule por el centro del espacio donde no exista perfil de apoyo.

c. Reacciones

Las reacciones calculadas son a los extremos de los puntos de apoyo, estos valores son simbólicos, nos ayudaran a tener una idea de los resultados que se obtienen.

Tabla 15: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Momentos de reacción	
	Magnitud	Componente(x,y,z)	Magnitud	Componente(x,y,z)
Restricción fija 1	5697.92 N	-3858.75 N	862.593 N m	286.183 N m
		3389.54 N		638.054 N m
		2467.26 N		-505.028 N m
Restricción fija 2	5830.13 N	-3921.27 N	884.495 N m	-296.586 N m
		3496.87 N		-652.247 N m
		-2527.04 N		-518.596 N m
Restricción fija 3	5636.59 N	3884 N	853.917 N m	-277.497 N m
		3288.67 N		635.917 N m
		-2422.88 N		497.775 N m
Restricción fija 4	5586.3 N	3848.92 N	846.049 N m	275.134 N m
		3252.87 N		-630.557 N m
		2410.7 N		492.441 N m
Restricción fija 5	18621 N	0 N	113.912 N m	-74.4944 N m
		-386.306 N		-86.1773 N m
		18617 N		0 N m
Restricción fija 6	18547 N	0 N	81.0757 N m	74.8475 N m
		-365.648 N		31.1628 N m
		-18543.4 N		0 N m

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

En la tabla se observa las fuerzas de reacción de la estructura analizada en el programa de inventor 2015, este análisis es producido por las cargas aplicadas al sistema. (Figura N° 30)

d. Diseño de espesor de plancha

Para la selección del espesor de la plancha, se debe considerar que la plancha no supere el esfuerzo de fluencia del material, para ello se probó con los siguientes espesores comerciales de plancha 1.5mm, 1.8mm, 1.9mm y 2 mm

Después de haber realizado algunos cálculos computacionales, se tiene como mejor opción a la plancha de 1.9 mm.

Este espesor de plancha nos da como resultado un esfuerzo de Von Mises de 156.758 MPa, y se sabe que el esfuerzo de fluencia del acero A 36 es de 207 MPa. Dando como resultado un factor de seguridad de 1.3205

Tabla 16: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional Inventor 2015

Nombre	Minimo	Maximo
Von Mises	0.0511009 MPa	156.758 MPa
Factor de seguridad	1.3205	

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.4.2 Plancha estructural de sección diferente

La plataforma contempla dos secciones más anchas, estas secciones tiene una dimensión de 223.8 mm, las dos secciones más anchas tienen la misma dimensión, y para calcular el espesor de la plancha que sostendrá este tramo se debe de introducir las condiciones adecuadas de análisis.

a. Materiales a prueba

- **Acero A36**

Tabla 17: Propiedades del Acero A36

Nombre	Acero estructural	
General	Densidad	7.85 g/cm ³
	Esfuerzo	207 MPa
	Esfuerzo ultimo	345 MPa
	Modulo de Young	210 GPa
	Numero de Poisson	0.3 ul
	Modulo de corte	80.7692 GPa

Fuente: Librería de materiales

Autor: Inventor 2015

- **Caucho**

Tabla 18: Propiedades del Caucho

Nombre	Caucho	
General	Densidad	1.25 g/cm ³
	Esfuerzo	10.34 MPa
	Esfuerzo ultimo	6.5 MPa
	Modulo de Young	0.003 GPa
	Numero de Poisson	0.49 ul
	Modulo de corte	0.00100671 GP

Fuente: Librería de materiales

Autor: Inventor 2015

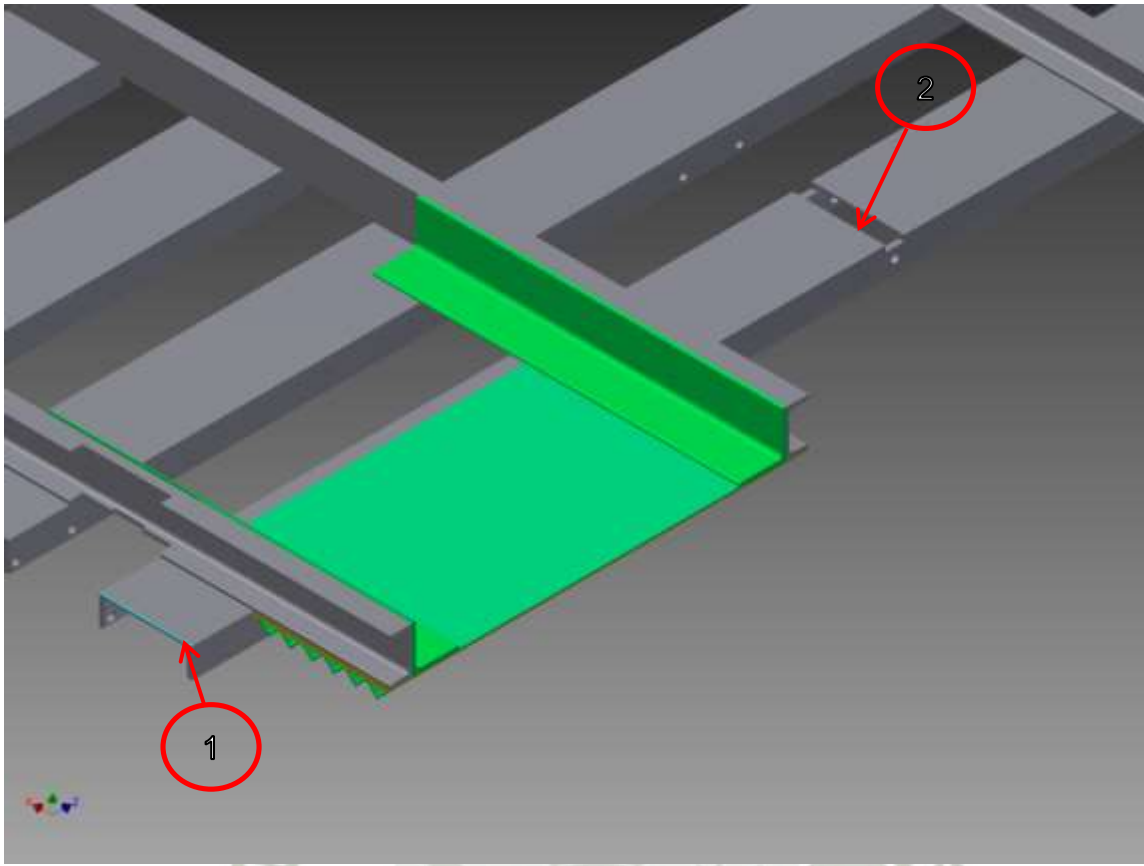
b. Cargas

Para el cálculo del espesor de la carga se aplicó una carga de 12713.76 N, sobre la rueda de caucho, que tendrá una área de contacto de 6 cm x 200 cm aproximadamente.

c. Puntos de restricción

Para realizar la selección de los puntos rígidos, se seleccionó dos aristas, que estarán empotradas pero que no generaran momentos al momento de analizarlas.

Figura 32: Aristas de la estructura con soporte rígido.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Las aristas señaladas se encuentran con soporte rígido, estas aristas no generaran momentos, pues permite rotación a la estructura, este diseño se realiza para simular el real funcionamiento de la plancha sobre el tramo en vacío, que soporto el peso del automóvil, cuando este circule por el centro del espacio donde no exista perfil de apoyo.

d. Reacciones

Las reacciones calculadas son a los extremos de los puntos de apoyo, estos valores son simbólicos, nos ayudaran a tener una idea de los resultados que se obtienen.

Tabla 19: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.

Nombre de la restricción	Fuerza de reaccion		Momentos de reaccion	
	Magnitud	Componente(x,y,z)	Magnitud	Componente(x,y,z)
Restriccion fija 1	28454.6 N	0 N	872.432 N m	0 N m
		5334.67 N		-807.225 N m
		-27950.1 N		-330.945 N m
Restriccion fija 2	28905.7 N	19.4564 N	181.501 N m	0 N m
		7398.74 N		181.498 N m
		27942.7 N		-1.0062 N m

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

En la tabla se observa las fuerzas de reacción de la estructura analizada en el programa de inventor 2015, este análisis es producido por las cargas aplicadas al sistema.

e. Diseño de espesor de plancha

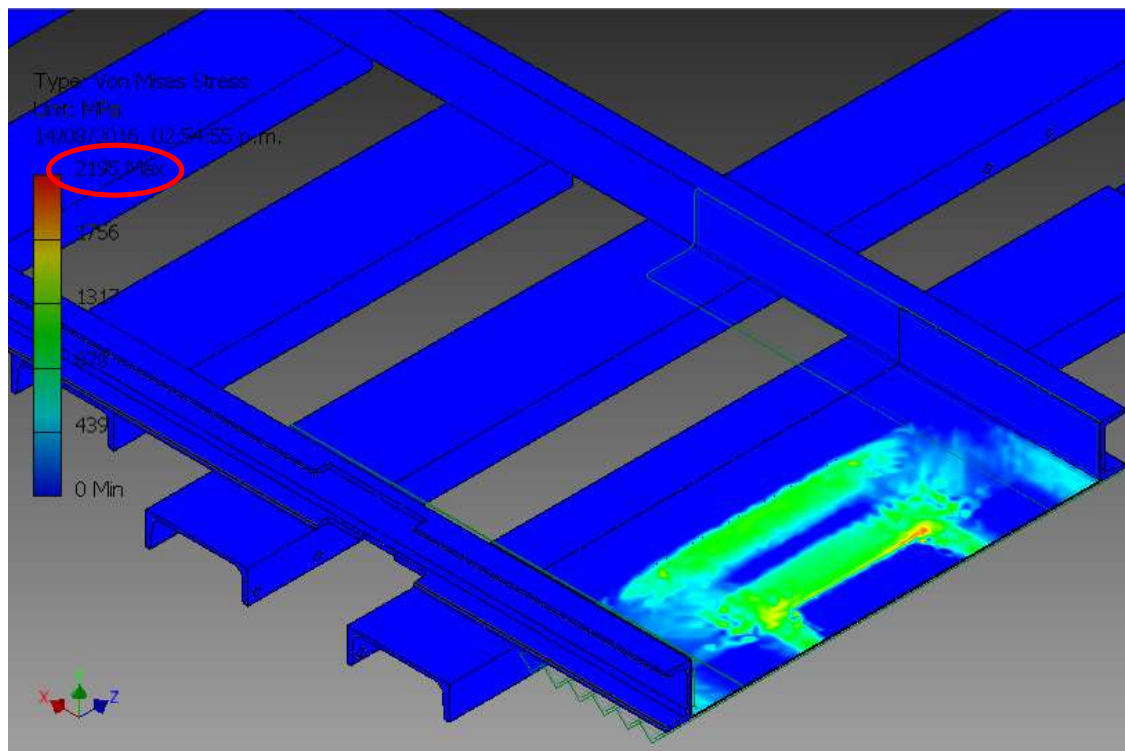
La fuerza de la rueda genera reacciones de fuerzas y momentos que deben pasar el límite de fluencia.

En caso de vigas se puede diseñar los elementos pasando el límite de fluencia, pero para nuestro caso en especial, no es seguro supera el valor de fluencia, pues, la carga puede cizallar la pieza y puede generar un colapso no deseado.

Primeramente se probó la estructura sin ningún tipo de soporte, para poder diseñar la estructura que evito estos grandes esfuerzos.

Al realizar el análisis computacional, se encontró que el esfuerzo máximo supero los 2195 MPa, este esfuerzo máximo es muy superior a los 207 MPa, que tiene esfuerzo a la fluencia del acero A 36. (Figura N° 32)

Figura 33: Análisis estructural de la plancha estructural sin ningún tipo de soporte.



Fuente: Propia – Inventor 2015

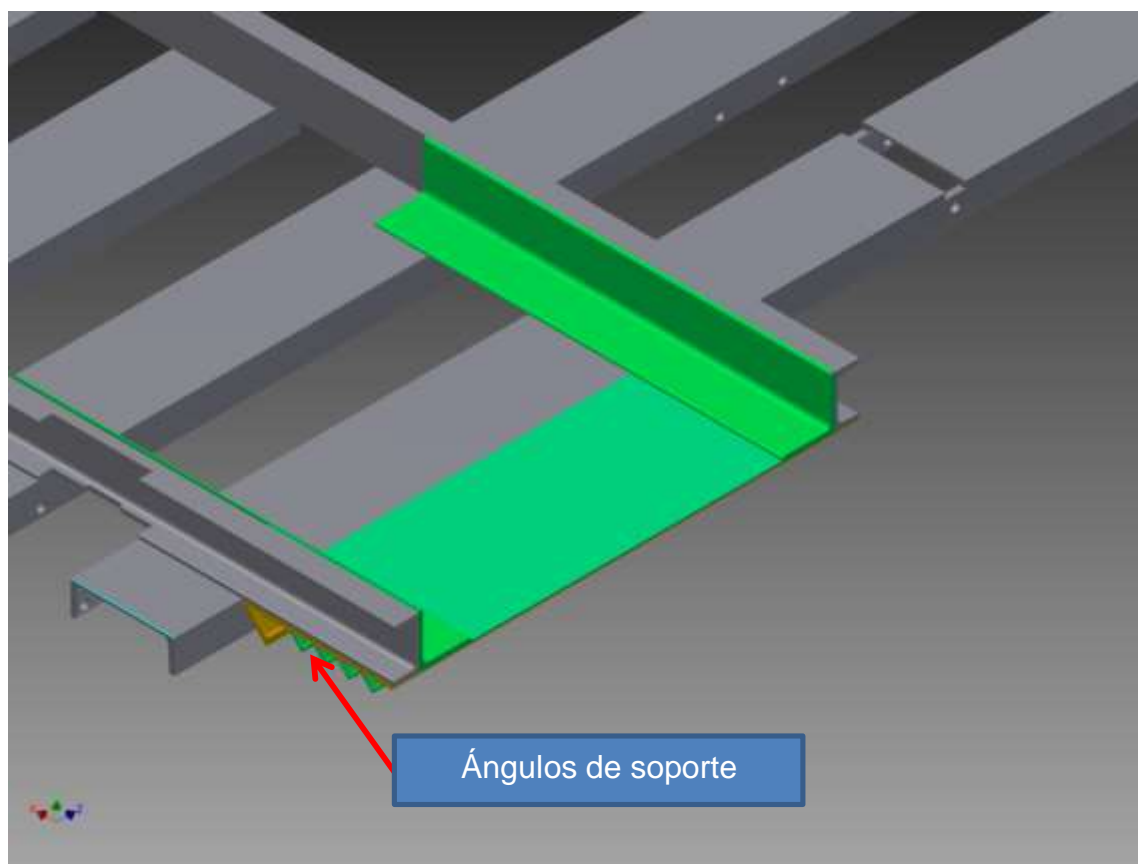
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

La estructura adicional contiene una placa de refuerzo inferior de un $\frac{1}{4}$ de pulgada o 6 mm de espesor, que cubrirá el total de la placa estructural que cubre el total de la plataforma y que se soportará a través de los perfiles C.

Además se tiene ángulos que se encuentran soportando la placa y el peso directo de la rueda de la camioneta.

En la siguiente imagen se puede observar la disposición que se tomó para estas estructuras de soporte (figura N° 33). Además se colocó dos ángulos que darán rigidez a la placa por la parte externa.

Figura 34: Ángulos de soporte para soporte de plancha.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

En la siguiente tabla se tiene el factor de seguridad del análisis estructural que se obtuvo al analizar la estructura en el programa computacional por elementos finitos.

Tabla 20: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.

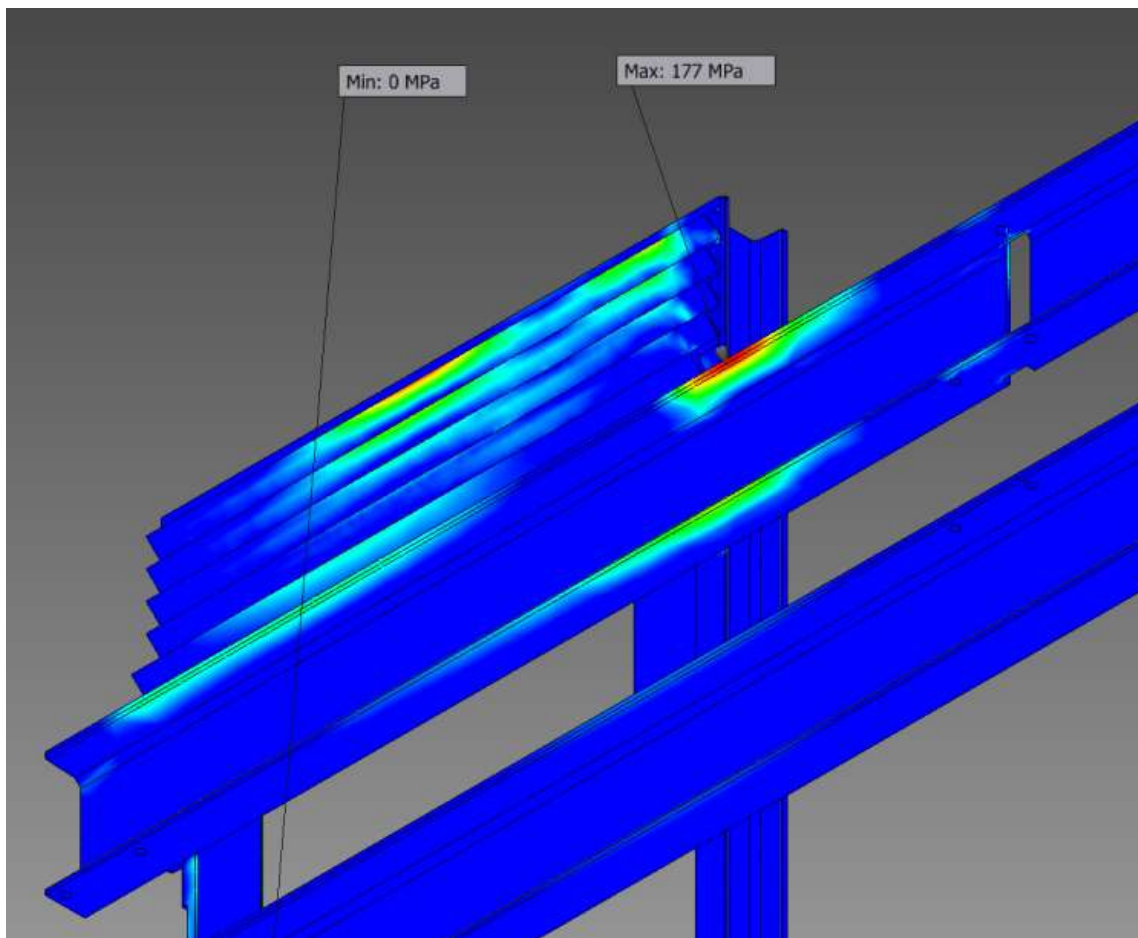
Nombre	Minimo	Maximo
Von Misses	0.00282404 MPa	176.984 MPa
Factor de seguridad	1.1696	

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

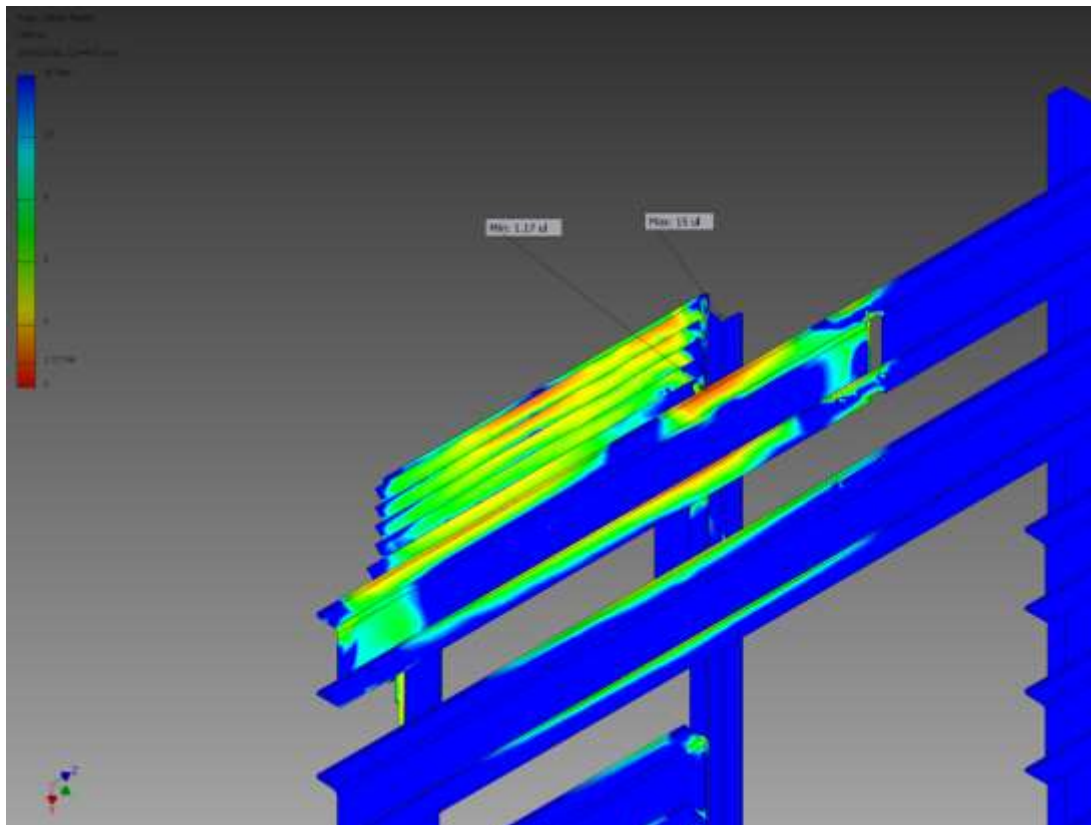
En las siguientes imágenes se puede observar el impacto de las fuerzas aplicadas a la plataforma.

Figura 35: Análisis de la estructura adicional.



Fuente: Propia – Inventor 2015
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 36: Factor de seguridad de la plancha estructural sometida a la carga de la camioneta.



Fuente: Propia – Inventor 2015
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.4.3 Rueda de deslizamiento

Para seleccionar el ancho de la rueda de deslizamiento, se utilizó el inventor que nos permitirá conocer si el espesor de rueda y el riel se encuentra en la medida correcta.

a. Materiales a prueba

- Acero A36

Tabla 21: Propiedades del Acero A36

Nombre	Acero estructural	
General	Densidad	7.85 g/cm ³
	Esfuerzo	207 MPa
	Esfuerzo ultimo	345 MPa
	Modulo de Young	210 GPa
	Numero de Poisson	0.3 ul
	Modulo de corte	80.7692 GPa

Fuente: Librería de materiales

Autor: Inventor 2015

b. Cargas

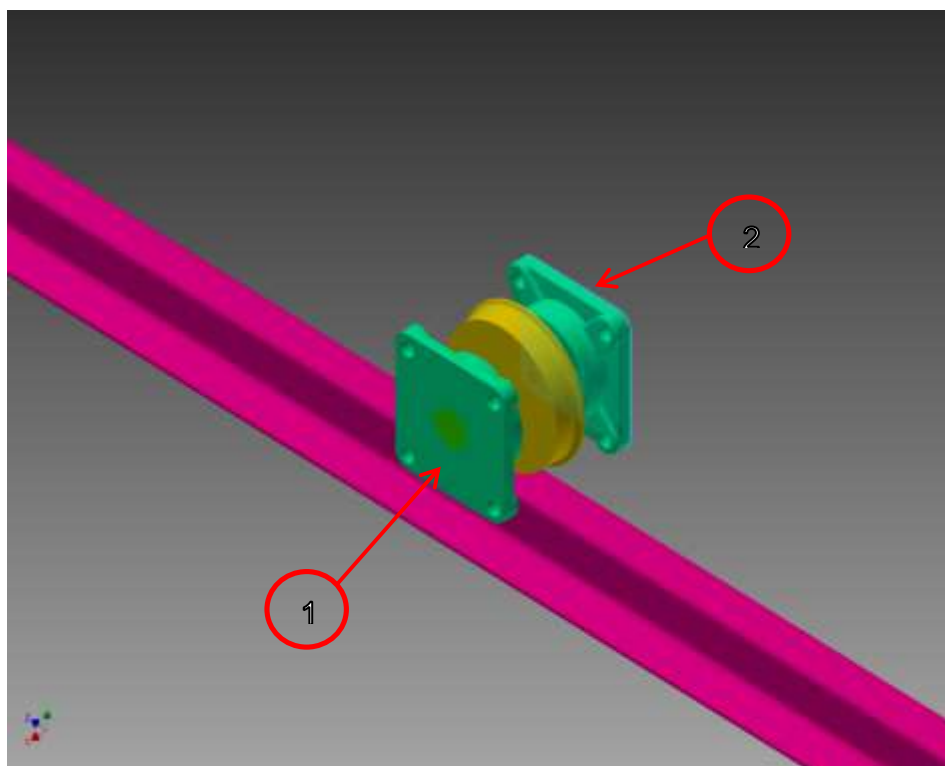
Para realizar el cálculo de la rueda, se tomó el mayor peso al cual es sometido el apoyo.

$$R_a = 1107.18Kgf$$

c. Puntos de restricción

Para realizar la selección de los puntos rígidos, se seleccionó dos caras, que estarán las cuales se muestran en la figura N° 38, que son las caras de ajuste de las dos chumaceras de pared.

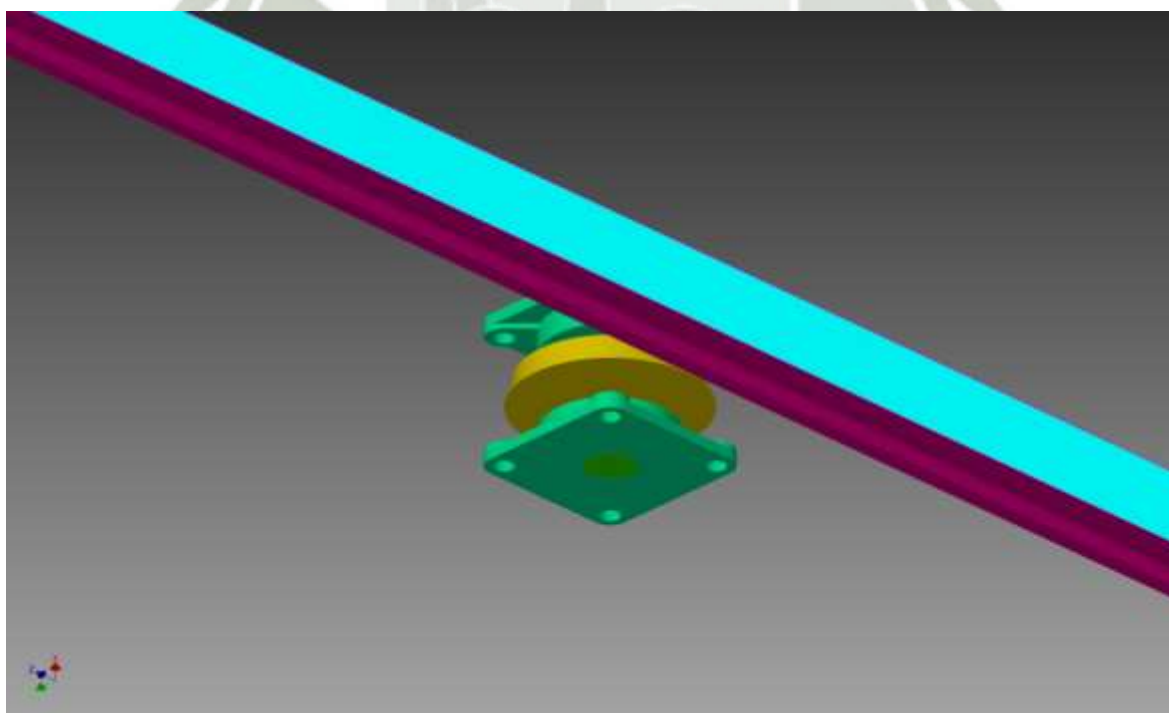
Figura 37: Caras de la chumaceras con soporte rígido y libre en el eje y.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 38: Cara de la estructura con soporte rígido.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Las caras de las chumaceras tienen desplazamiento vertical libre, y rígido en los demás sentidos, para que tenga un punto móvil y pueda acercarse la rueda al riel sin generar momento.

c. Reacciones

Las reacciones calculadas son a los extremos de los puntos de apoyo, estos valores son simbólicos, nos ayudaran a tener una idea de los espesores y las dimensiones de los elementos que se analizaran por elementos finitos.

Tabla 22: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.

Nombre de la restricción	Fuerza de reaccion		Momentos de reaccion	
	Magnitud	Componente(x,y,z)	Magnitud	Componente(x,y,z)
Restriccion fija 1	205.03 N	204.838 N	229.448 N m	-0.713948 N m
		0 N		0 N m
		-8.87134 N		229.447 N m
Restriccion fija 2	1351.91 N	1351.48 N	222.423 N m	-1.06766 N m
		0 N		1.47474 N m
		-33.9689 N		-222.416 N m
Restriccion fija 3	10973.3 N	-1556.47 N	1194.3 N m	1181.34 N m
		10862.3 N		170.47 N m
		42.8195 N		41.4644 N m

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

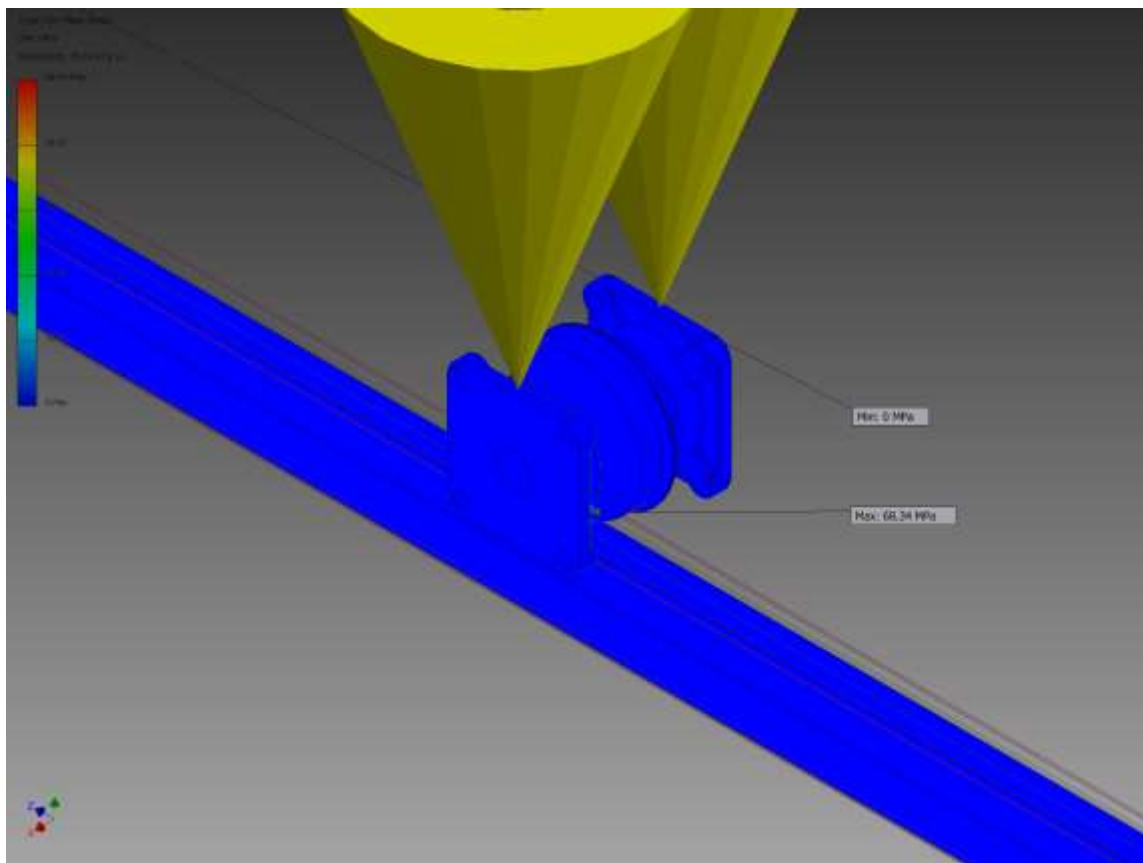
En la tabla se observa las fuerzas de reacción de la estructura analizada en el programa de inventor 2015, este análisis es producido por las cargas aplicadas al sistema.

d. Diseño de espesor de la rueda

Para el diseño de la rueda se seleccionó del espesor de 1 pulgada lo recomendado para el riel ASCE 25.

Se diseñó la rueda de riel con espesor de 1 pulgada y se obtuvo los siguientes resultados.

Figura 39: Cargas actuantes en las chumaceras de la plataforma.

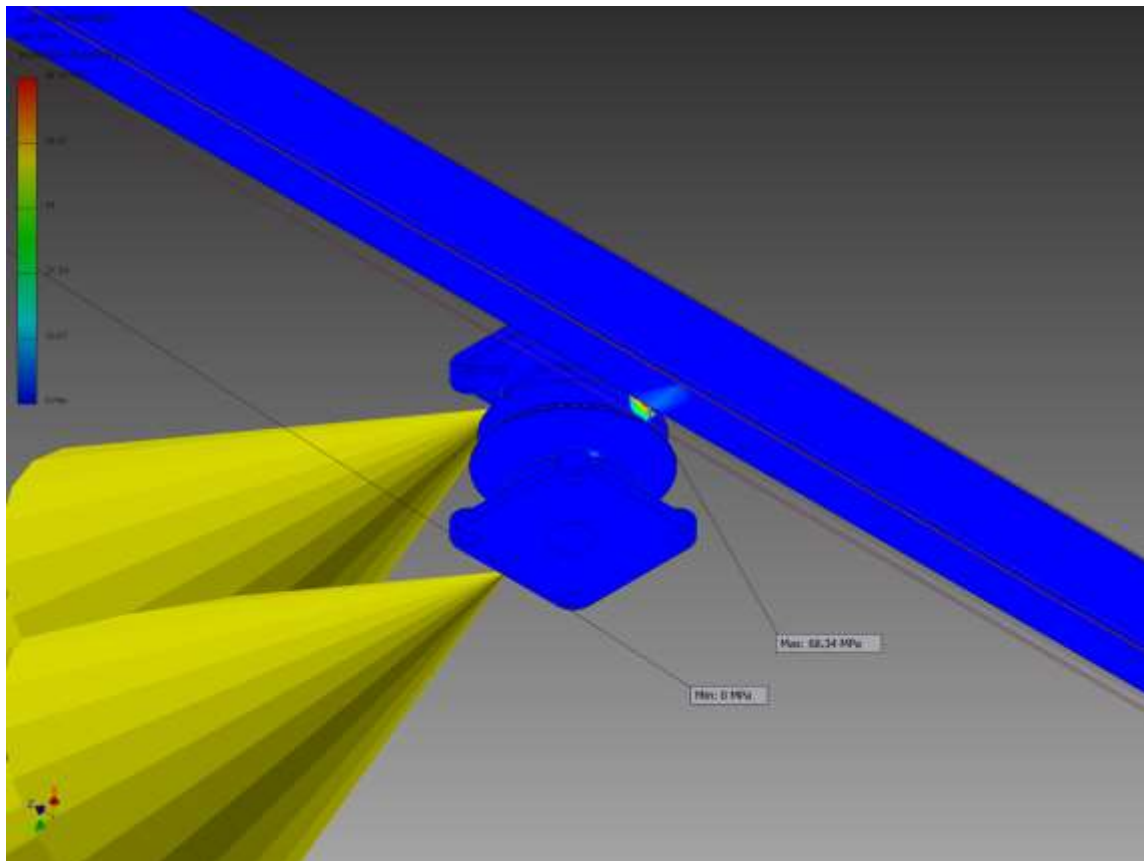


Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José



Figura 40: Esfuerzos resultantes sobre la rueda de la plataforma.

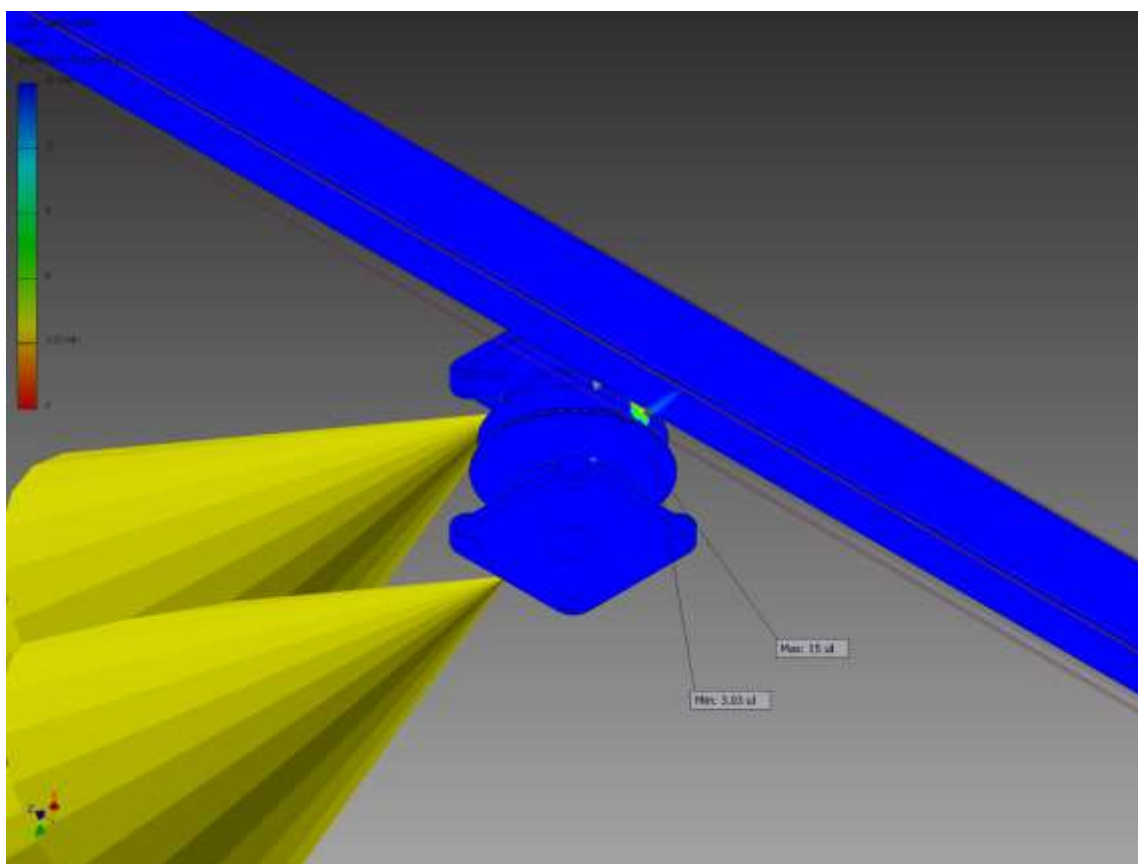


Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José



Figura 41: Factor de seguridad de la plancha estructural sometida a la carga de la camioneta.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 23: Cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.

Nombre	Minimo	Maximo
Von Misses	0.0 MPa	68.3381 Mpa
Factor de seguridad	3.02906	

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.4.4 Platinas

Las platinas son los elementos que soportaran a las chumaceras de pared.

a. Materiales a prueba

- **Acero A36**

Tabla 24: Propiedades del Acero A36

Nombre	Acero estructural	
General	Densidad	7.85 g/cm ³
	Esfuerzo	207 MPa
	Esfuerzo ultimo	345 MPa
	Modulo de Young	210 GPa
	Numero de Poisson	0.3 ul
	Modulo de corte	80.7692 GPa

Fuente: Librería de materiales

Autor: Inventor 2015

b. Cargas

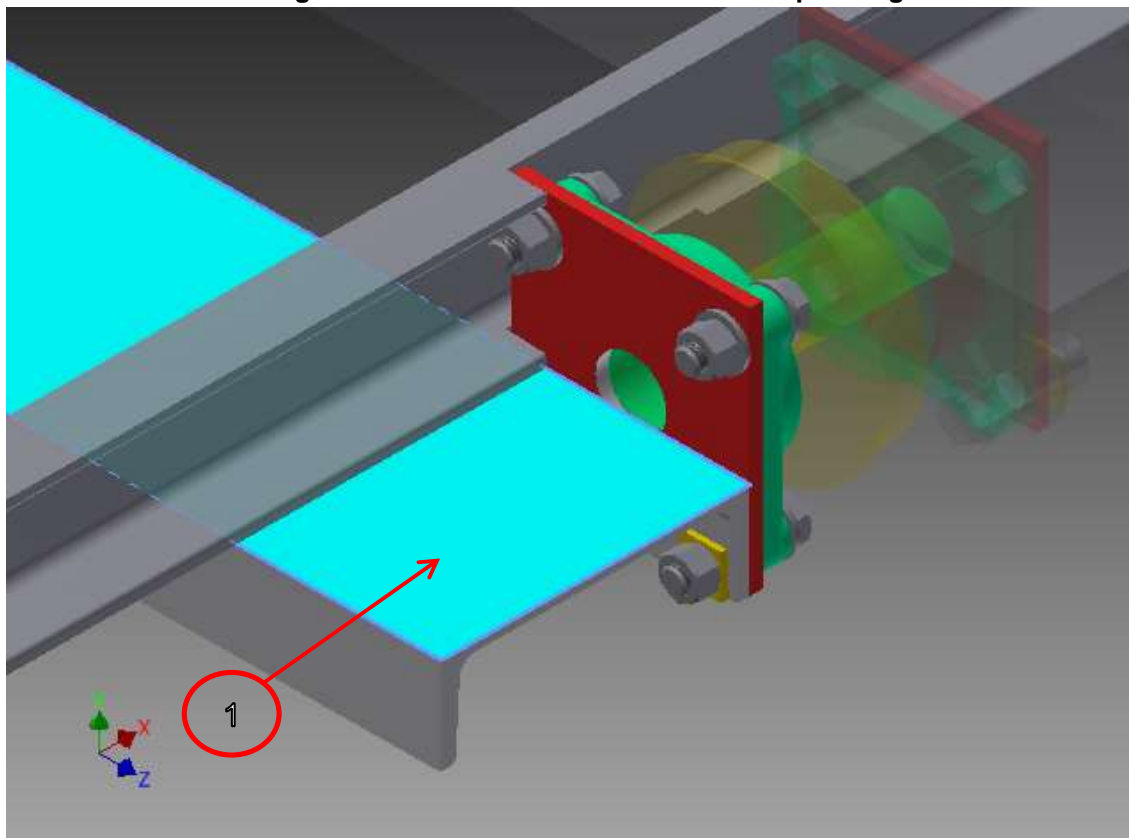
Para el cálculo del espesor de la rueda se aplicará una carga de 1107.18 Kg-f, sobre la rueda, que a su vez lo transmitirá a las 02 platinas.

$$R_a = 1107.18Kgf$$

c. Puntos de restricción

Para el análisis de la platina se seleccionó una sola cara de la estructura, que simula a la situación de trabajo de la pieza

Figura 42: Aristas de la estructura con soporte rígido.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

d. Reacciones

Las reacciones calculadas son a los extremos de los puntos de apoyo, estos valores son simbólicos, nos ayudaran a tener una idea de los resultados que se obtienen.

Tabla 25: Fuerzas de reacción y de los momentos de reacción.

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Momentos de reacción	
	Magnitud	Componente(x,y,z)	Magnitud	Componente(x,y,z)
Restricción fija 1	5431 N	0 N	2803.89 N m	-2764.01 N m
		5431 N		0 N m
		0 N		471.217 N m

Fuente: Propia – Inventor 2015

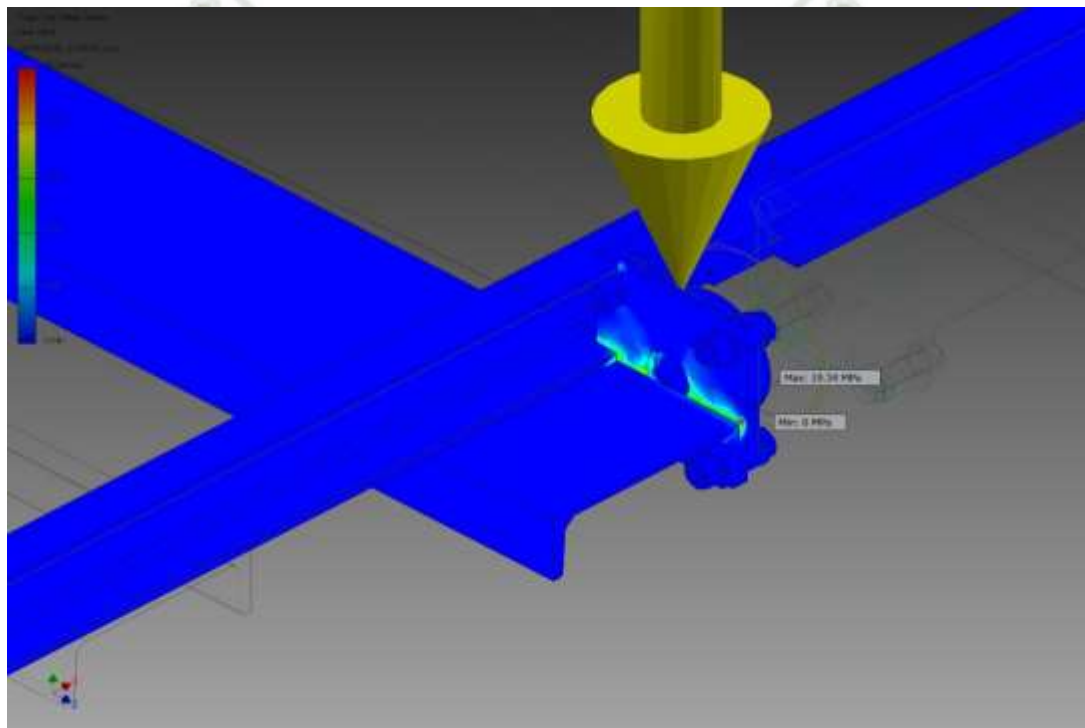
Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

En la tabla se observa las fuerzas de reacción de la estructura analizada en el programa de inventor 2015, este análisis es producido por las cargas aplicadas al sistema.

e. Diseño de espesor de platina

Para el cálculo del espesor de la platina, lo se realizó a través de la comprobación del factor de seguridad y del esfuerzo VON MISSES.

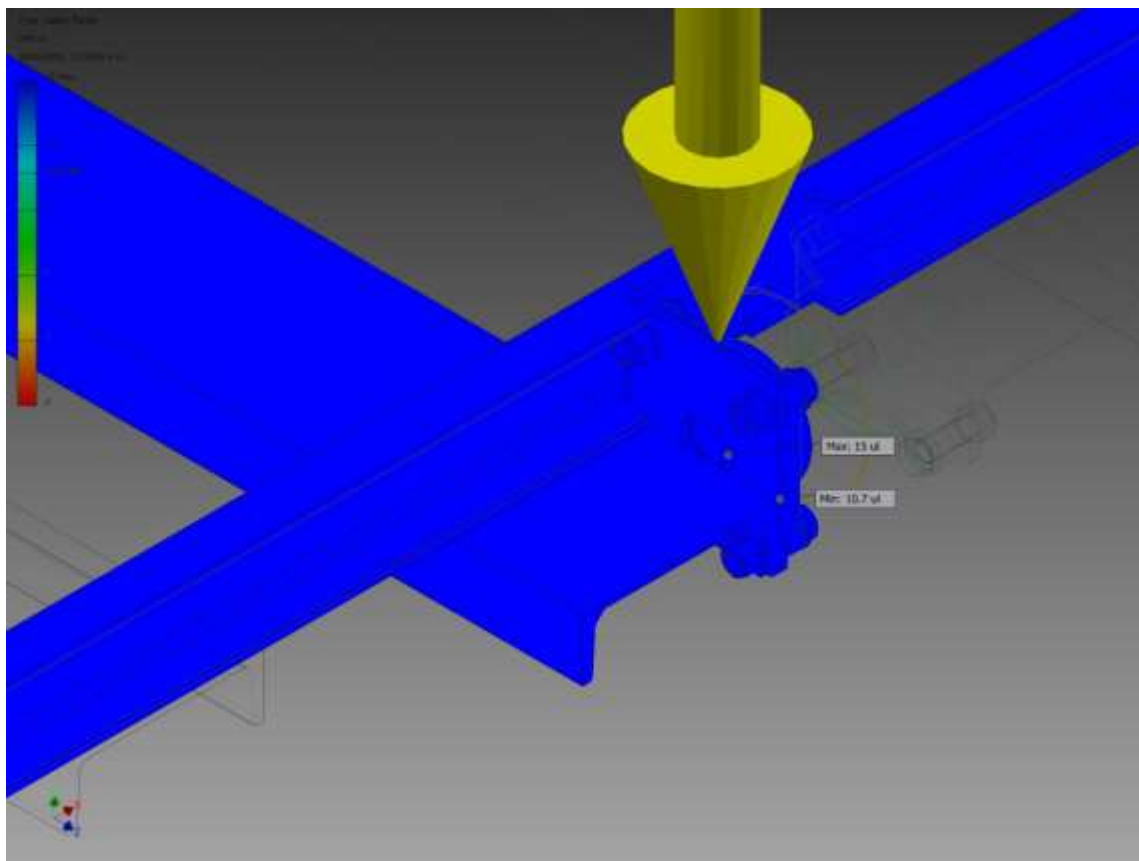
Figura 43: Von Misses imagen isométrica de la platina estructural sometida a la carga de la camioneta (isométrico de planta inferior sur-este).



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 44: Imagen isométrica del factor de seguridad de la platina estructural sometida a la carga de la camioneta (isométrico de planta inferior sur-este)



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 26: Resultados de los cálculos computacionales obtenidos por el programa computacional INVETOR 2015.

Nombre	Minimo	Maximo
Von Mises	0.0 MPa	19.3373 Mpa
Factor de seguridad	10.7047	

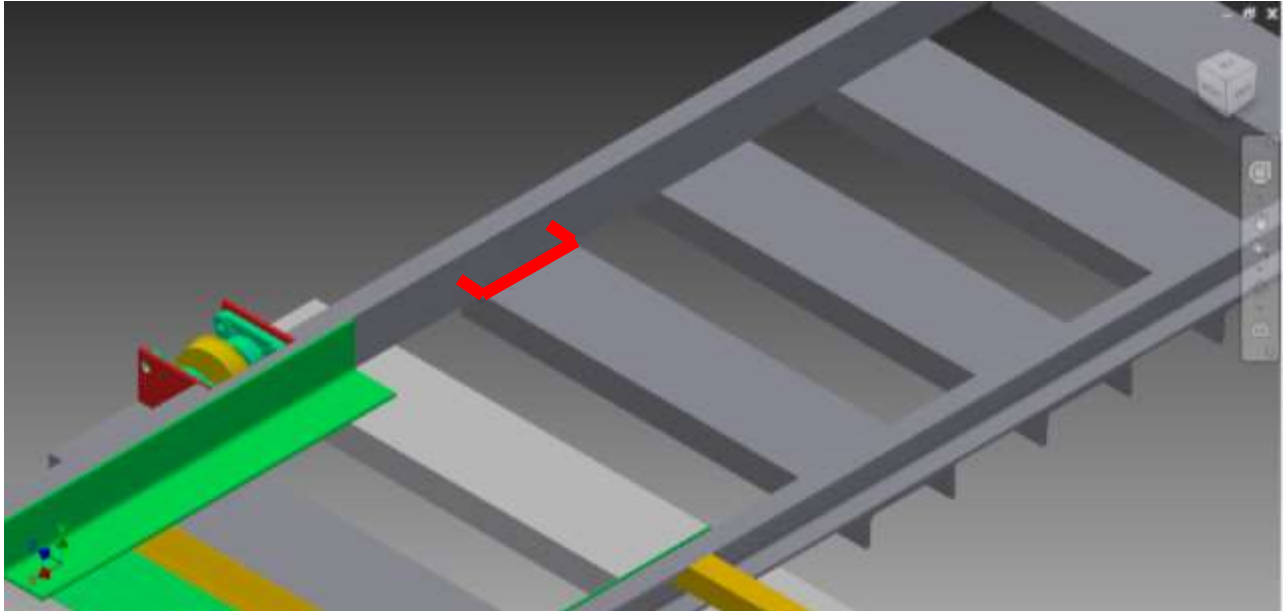
Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

3.2.5 Cálculo de Soldadura

Se realizó el cálculo de la soldadura más crítica, y todas las demás serán del mismo espesor como mínimo.

Figura 45: Sección crítica de soldadura



- **Carga por corte directo**

$$f_w = \frac{P}{L_w}$$

Ecuación 70

Dónde:

f_w = Carga de corte por unidad de longitud

P = Carga actuante

L_w = longitud efectiva de la soldadura

$$f_w = \frac{12713.76}{4 \cdot 0.0358 + 2 \cdot 0.152}$$

$$f_w = 28429.7N/m$$

- **Carga Producida por el momento flector**

$$f_w = \frac{M}{Z_w}$$

Ecuación 71

Dónde:

f_w = Carga de corte por unidad de longitud

$M =$ Momento actuante

$Z_w =$ Modulo de linea

Para el cálculo del modo de línea, en forma de C se aplicara la siguiente formula

$$Z_w = \frac{2b \cdot d + d^2}{3} \quad \text{Ecuación 72}$$

Dónde:

$b =$ largo de la linea C (0.152m)

$d =$ Ancho de la linea C (0.0358m)

$$Z_w = \frac{2 \cdot 0.152 \cdot 0.0358 + 0.0358^2}{3}$$

$$Z_w = 0.004055$$

Entonces se tiene

$$f_w = \frac{1033N \cdot m}{0.004055m^2}$$

$$f_w = 254747.23N/m$$

Para calcular el espesor de la soldadura se considera lo siguiente

$$f_w = \sqrt{28429.7N/m^2 + 254747.23N/m^2}$$

$$f_w = 256328.7 N/m$$

La soldadura escogida es E 6011 (Cellocord)

$$W = \frac{f_w}{S_w}$$

Ecuación 73

Dónde:

$S_w =$ Esfuerzo permisible E 6011(13600psi)

$$S_w = 13600psi = 93902005.99N/m^2$$

$$W = \frac{256328.7 N/m}{93902005.99N/m^2}$$

$$W = 0.0027m$$

$$W = 0.0027m = 2.7mm$$

El tamaño mínimo de soldadura es de $1/8 = 3.175mm$

3.3 Cálculo de Motor eléctrico

Para el cálculo del motor, se halló de la fórmula siguiente

$$P = F \cdot V$$

Ecuación 74

Donde

$P =$ Potencia del motor(watts)

$F =$ Fuerza(N)

$V =$ Velocidad(m/s)

La velocidad del movimiento está dada por un máximo de 0.25 m/s, para evitar desplazamientos muy bruscos

La fuerza la se calculó de la siguiente manera

$$F = W \cdot C_{rr}$$

Ecuación 75

Donde

$W =$ Peso de la plataforma mas la estructura(N)

$C_{rr} =$ Coeficiente a la rodadura

El peso total está dado por la suma de la plataforma y del vehículo.

$$W = 1.2(W_{plataforma} + W_{vehiculo})$$

Ecuación 76

$$W = 505.89Kgf + 3240Kgf$$

$$W = 1.2(3745.89)$$

$$W = 4495.07Kgf$$

$$W = 44096.62 N$$

El coeficiente a la rodadura, lo se puede obtener de tablas establecidas. Para nuestro caso se puede decir que nuestro coeficiente a la rodadura es:

$$C_{rr} = 0.001$$

Entonces se puede calcular la fuerza necesaria para empujar el coche:

$$F = W \cdot C_{rr}$$

Ecuación 77

$$F = 44096.62 \text{ N} \cdot 0.001$$

$$F = 44.1 \text{ N}$$

Entonces la potencia necesaria para mover el vehículo será de

$$P = F \cdot V$$

$$P = 44.1 \text{ N} \cdot 0.25 \text{ m/s}$$

$$P = 11.03 \text{ watts}$$

3.3.1 Selección de motor eléctrico

Debido a la pequeña fuerza que se necesita para empujar el vehículo se seleccionó un motor reductor pequeño de corriente continua DC.

Entre los motores más comerciales del mercado se tiene los moto reductores de 24V y 5 A

Para nuestro cálculo se seleccionó el motor de la marca DOGA

Tabla 27: Especificaciones Técnicas de la moto reductora de DOGA, extraído de su catálogo de internet y anexo.

Especificaciones	Valor
Velocidad de salida	25 rpm
Voltaje de alimentacion	24 V
Maximo Torque del Motor	80 Nm
Tipo de Motor DC	Escobillas
Diametro de salida	14 mm
Potencia	40 W
Tipo de reduccion	Sin fin
Longitud	235.8 mm
Ancho	80 mm
Largo	131.3 mm
Dimensiones	235.8 x 79 x 131.3
Corriente	5 Amp

Fuente: 258 Motoreductor

Autor: DOGA

Figura 46: Moto reductor marca Doga.



Fuente: 258 Motoreductor

Autor: DOGA

3.4 Selección de elementos electrónicos

Para la selección de los elementos electrónicos, se realiza una lógica de funcionamiento. El sistema de parqueo puede contar con una gran variedad de distribuciones, y los elementos electrónicos a elegir se realizarán conforme al número de entradas y salidas del PLC.

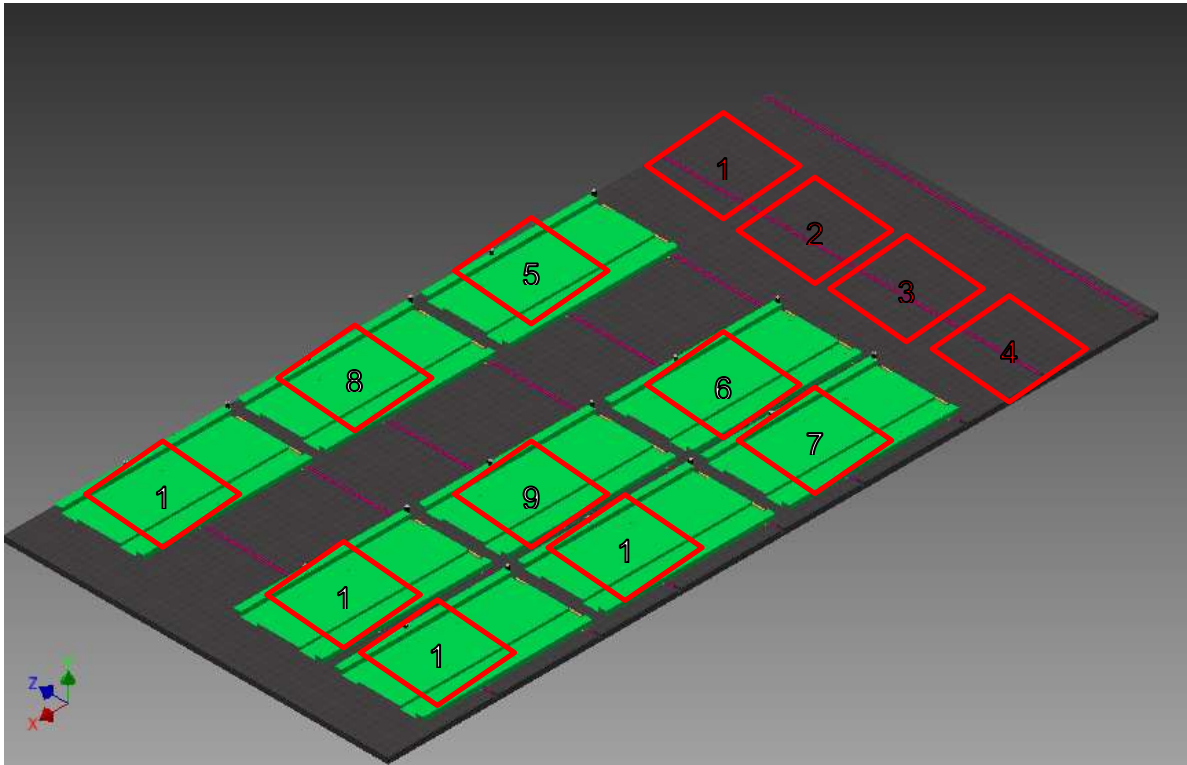
3.4.1 PLC

La selección del controlador programable depende al 100% de la distribución, número de plataformas.

Debido a que el mercado tiene una gran variedad de controladores, el presente trabajo tesis, no selecciono un PLC en especial. Pero si se desarrolla la lógica de

funcionamiento de una playa de estacionamiento de 4 x 4. Como se muestra en la figura a continuación.

Figura 47: Distribución de playa de estacionamiento de 4 x 4 donde entran 13 unidades vehiculares.



Fuente: Propia – Inventor 2015
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

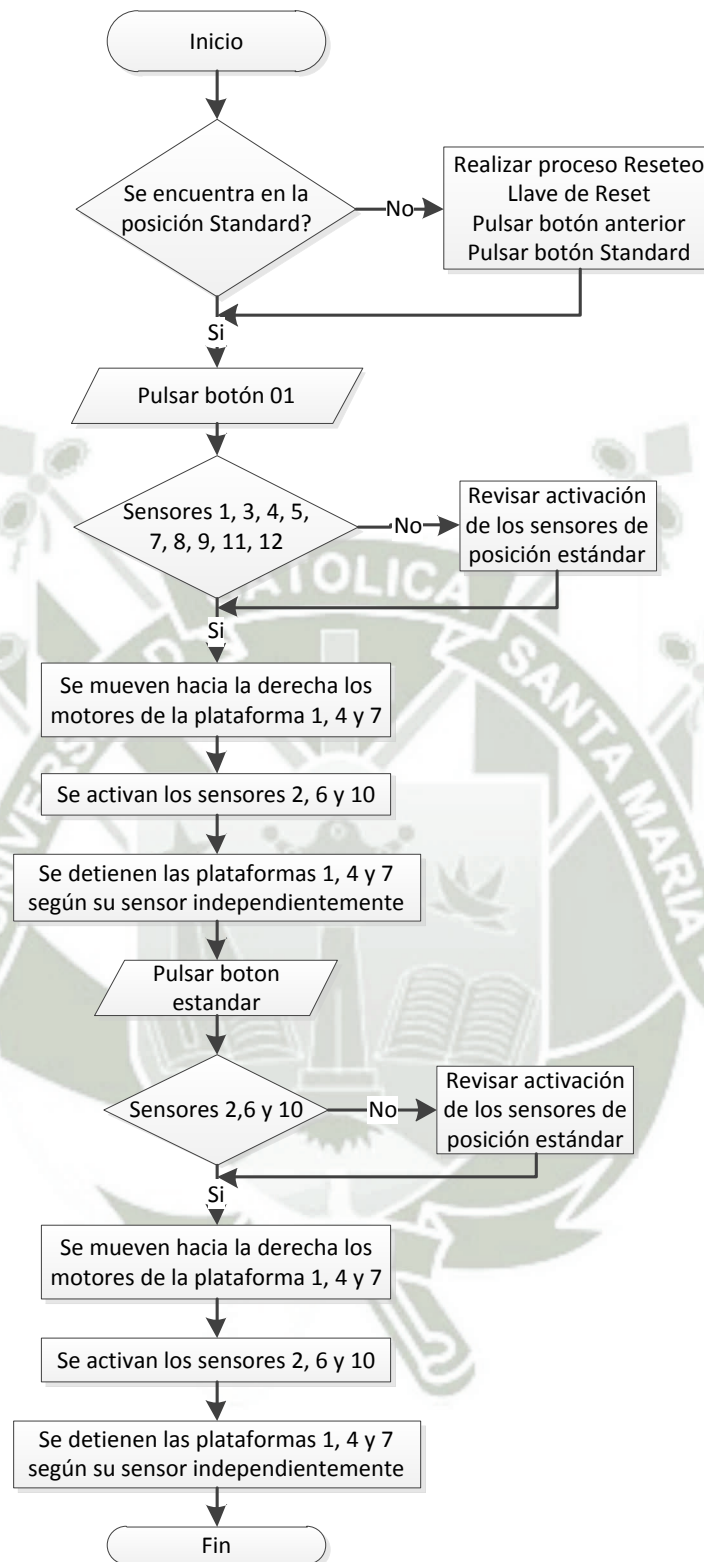
El estacionamiento tiene un total de 13 espacios de estacionamiento, pero no todos necesitan

La programación lógica, se realizó en el lenguaje Ladder, que es manejado por la mayoría de los controladores programables.

a. Diagrama de Programación

Se realizó un diagrama de flujo de la liberación de una posición que explica el proceso por el cual se debe de pasar las plataformas y los sensores del sistema.

Figura 48: Diagrama de flujo de liberación de la posición 01 de estacionamiento.



Fuente: Propia – Visio

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

b. Lenguaje de Programación

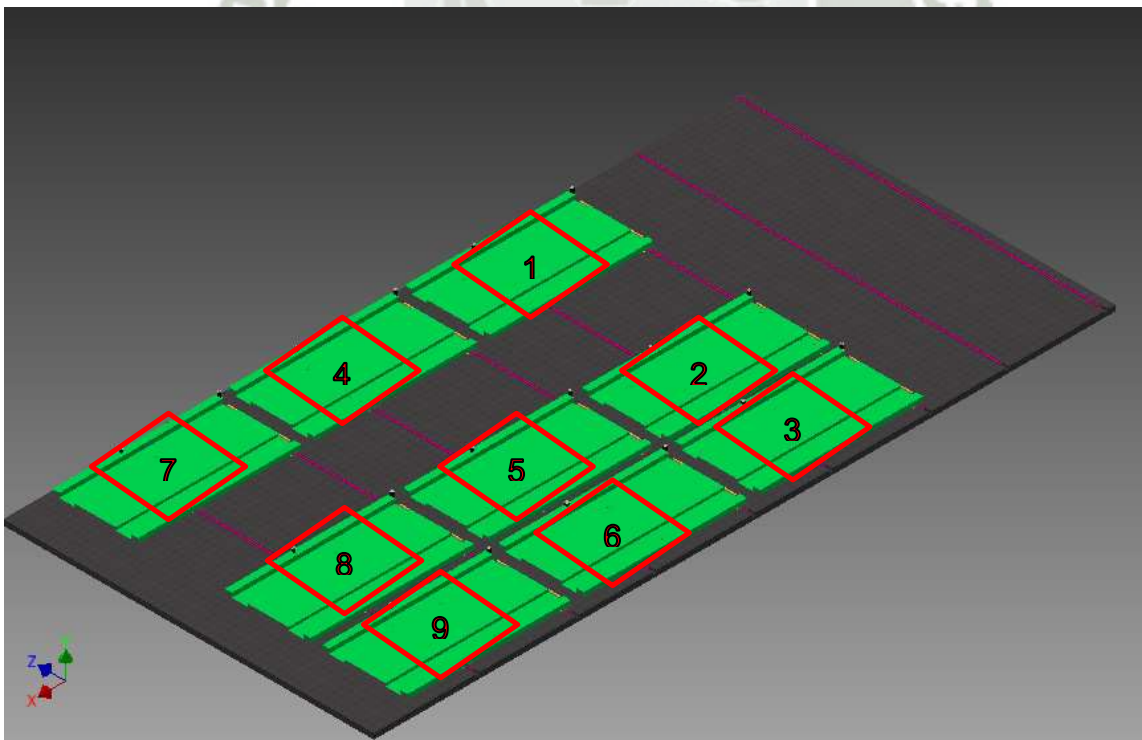
Para el desarrollo del lenguaje de programación se debe saber la distribución del sistema de estacionamiento. Para ello se toma la distribución mostrada en la figura N°37, donde se puede observar una distribución de espacios de 4 x 4, no todos los espacios serán utilizables, debido a que hay que considerar la utilización de una fila de salida. En la distribución de 4 x 4 se puede proporcionar 13 espacios para unidades vehiculares. De los 13 espacios solo 9 espacios contendrán una plataforma móvil.

Entonces para el desarrollo de la lógica programable se debe de coordinar la entrada y salida de todos los espacios viables.

Para esta distribución se cuenta con 10 posiciones que serán dictadas por el PLC. Se debe considerar que la distribución debe tener una posición Standard que permita el ingreso y salida de una unidad vehicular en el menor tiempo posible. Esta posición está representada por la figura N° 49

Para la enumeración de plataformas se tomó otra enumeración, la cual se representó en la siguiente imagen

Figura 49: Enumeración de las plataformas de trabajo.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Para el desarrollo de la programación en PLC, se tiene 3 cuadros:

- **Cuadro de Entradas de señales**

En el cuadro de entradas se desarrolló las entradas al PLC de cada uno de los sensores de carrera pulsador de posición Standard, pulsadores de orden (del pulsador 1 al pulsador 10), llave de contacto para reseteo por emergencia y entrada de señal por alarma en el sistema de seguridad

Tabla 28: Entradas de señales para el sistema del PLC.

Enumeracion Logica	Nombre de la entrada
%I0.1	Sensor 1
%I0.2	Sensor 2
%I0.3	Sensor 3
%I0.4	Sensor 4
%I0.5	Sensor 5
%I0.6	Sensor 6
%I0.7	Sensor 7
%I0.8	Sensor 8
%I0.9	Sensor 9
%I0.10	Sensor 10
%I0.11	Sensor 11
%I0.12	Sensor 12
%I0.13	Llave de Reset
%I0.14	Standard
%I0.15	Pulsador 1
%I0.16	Pulsador 2
%I0.17	Pulsador 3
%I0.18	Pulsador 4
%I0.19	Pulsador 5
%I0.20	Pulsador 6
%I0.21	Pulsador 7
%I0.22	Pulsador 8
%I0.23	Pulsador 9
%I0.24	Pulsador 10
%I0.25	Sistema de seguridad

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

- **Cuadro de Salidas de señales**

Para el cuadro de señales de salida, se tiene las señales de dirección de cada una de las plataformas, cada plataforma recibirá la señal inalámbrica a través de dos contactores que le indicaran la dirección de deslizamiento: derecho o izquierda.

Tabla 29: Salidas de señales para el sistema del PLC.

Enumeracion logica	Nombre de la salida
%Q0.1	Motor plataforma 1 derecha
%Q0.2	Motor plataforma 1 izquierda
%Q0.3	Motor plataforma 2 derecha
%Q0.4	Motor plataforma 2 izquierda
%Q0.5	Motor plataforma 3 derecha
%Q0.6	Motor plataforma 3 izquierda
%Q0.7	Motor plataforma 4 derecha
%Q0.8	Motor plataforma 4 izquierda
%Q0.9	Motor plataforma 5 derecha
%Q0.10	Motor plataforma 5 izquierda
%Q0.11	Motor plataforma 6 derecha
%Q0.12	Motor plataforma 6 izquierda
%Q0.13	Motor plataforma 7 derecha
%Q0.14	Motor plataforma 7 izquierda
%Q0.15	Motor plataforma 8 derecha
%Q0.16	Motor plataforma 8 izquierda
%Q0.17	Motor plataforma 9 derecha
%Q0.18	Motor plataforma 9 izquierda

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

- **Memorias de PLC**

El sistema de PLC también contara con memorias, que le permita realizar su rutina

Tabla 30: Memorias del sistema del PLC.

Enumeracion logica	Nombre de la memoria
%M0	Memoria de reset
%M1	Memoria de pulsador 1
%M2	Memoria de pulsador 1
%M3	Memoria de pulsador 3
%M4	Memoria de pulsador 3
%M5	Memoria de pulsador 4
%M6	Memoria de pulsador 4
%M7	Memoria de pulsador 5
%M8	Memoria de pulsador 5
%M9	Memoria de pulsador 6
%M10	Memoria de pulsador 6
%M11	Memoria de pulsador 7
%M12	Memoria de pulsador 7
%M13	Memoria de pulsador 8
%M14	Memoria de pulsador 8
%M15	Memoria de pulsador 9
%M16	Memoria de pulsador 9
%M17	Memoria de pulsador 10
%M18	Memoria de pulsador 10

Fuente: Propia – Excel

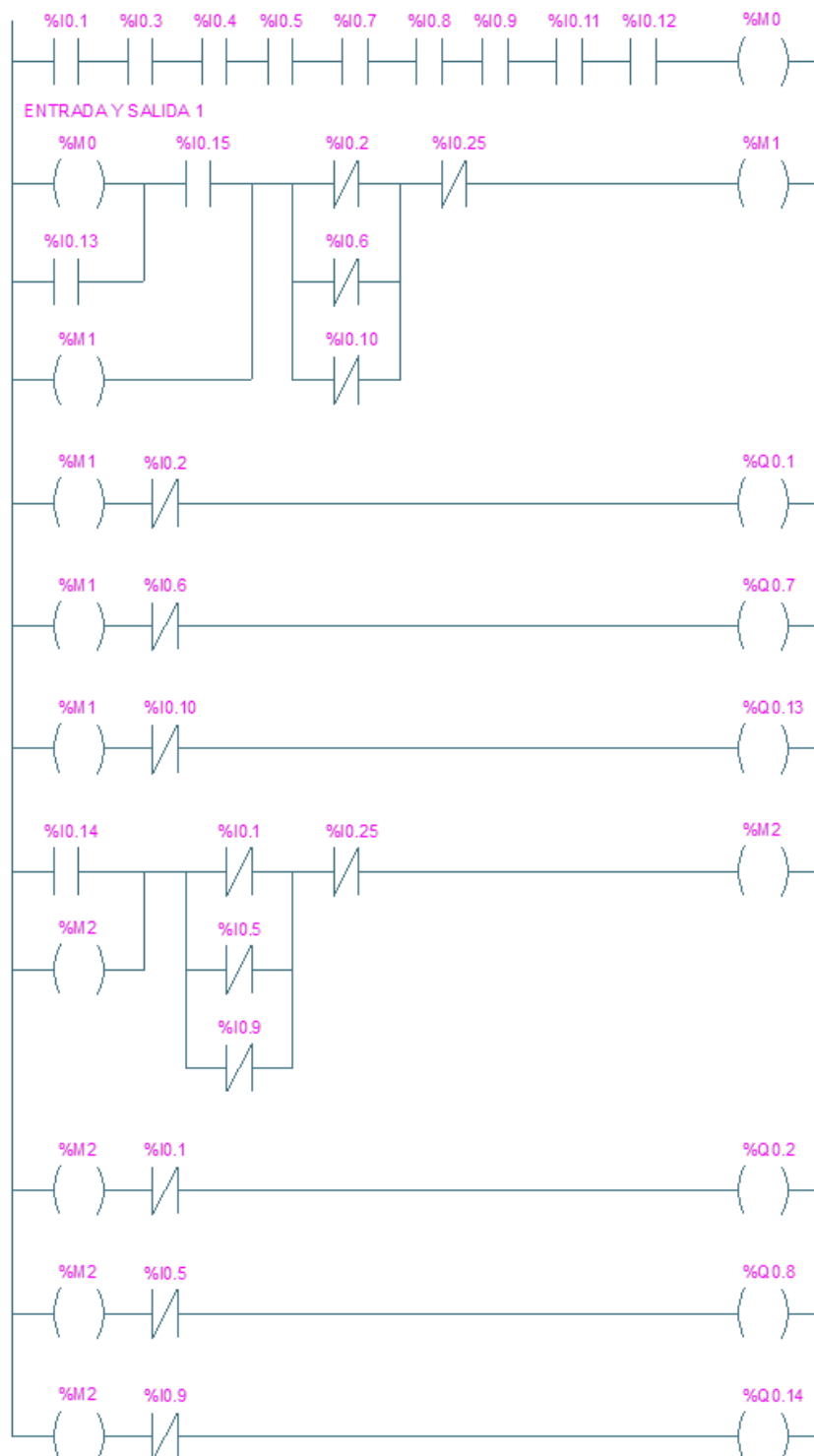
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

- **Posición 01**

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 01, mostrada con anterioridad en la figura N° 49.

Entonces para liberar la posición 01 para la salida de la unidad vehicular, se tendrá el siguiente algoritmo lógico.

Figura 50: Algoritmo de la posición 1 incluyendo algoritmo de retorno.

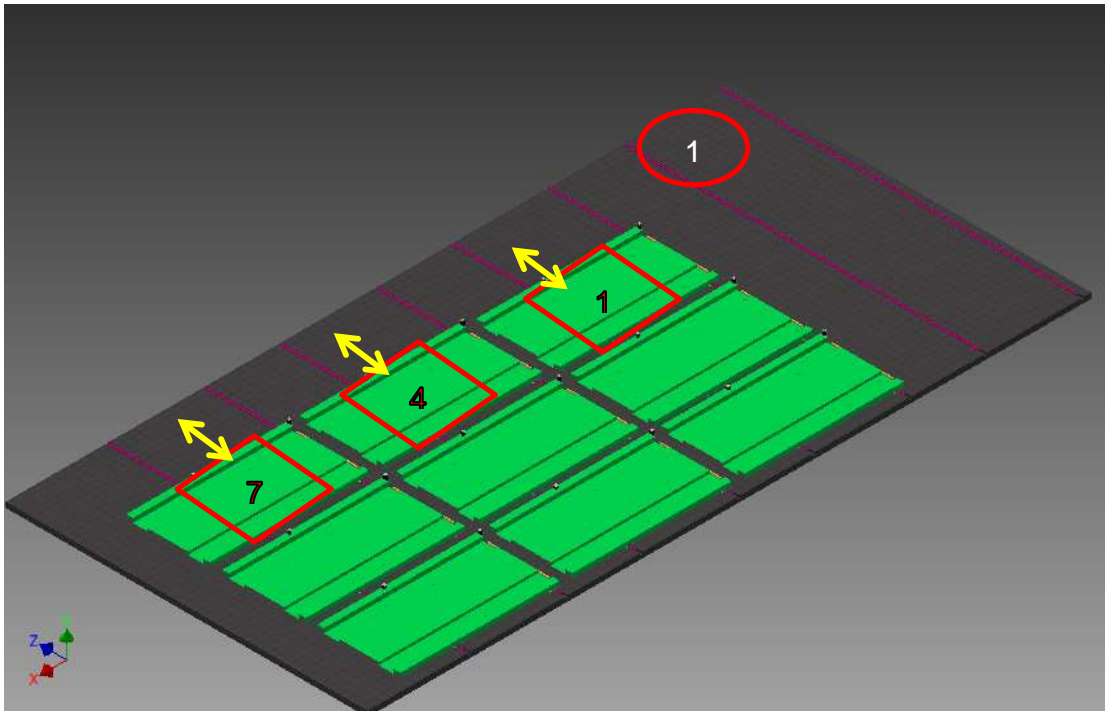


Fuente: Propia – AutoCAD

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 1, 4 y 7 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura N°51

Figura 51: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 01.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Las demás posiciones del sistema de parqueo en forma de tetriz se encuentran en los anexos de la tesis. En el cual se continúa con la descripción de las posiciones restantes, desde la posición 03 hasta la posición 10, correspondientes a la misma distribución del sistema de parqueo planteado con anterioridad.

- **Posición 02**

La posición 02 es la posición estándar, esta posición es importante, porque permite tener de una manera más inmediata el acceso de cualquier plataforma, esta idea además facilita el lenguaje de programación, porque para poder acceder a una posición, existen múltiples formas de realizarlo, y esto complicaría la lógica del sistema de paqueo.

3.4.2 Contactores inalámbricos

Los contactores inalámbricos, son instrumentos muy importantes para realizar las tareas del sistema de parqueo, aunque la tecnología en contactores es nueva, se puede encontrar contactores inalámbricos que reciben su señal a través de radio frecuencia.

Para la construcción del sistema se utilizara los contactores DINUY que recibirán la señal del PLC, y desarrollaran la orden dando como resultado el deslizamiento al lado derecho y al lado izquierdo.

3.4.3 Sistema de seguridad.

El sistema de seguridad es muy importante para el sistema de parqueo, debido a que permitirá dar seguridad a los usuarios del sistema.

El sistema de seguridad será instalado de protección en las líneas de deslizamientos de los rieles, con la finalidad de proteger a los usuarios de posibles atrapamientos debidos a la operación del sistema.

Se considera para el sistema de seguridad: Sensores detectores de movimiento, estos sensores estarán dirigidos a la zona de parqueo, que detectaran la presencia de una persona, que circule en la línea de fuego del sistema.

También se considera un sensor laser, que permitirá detectar el ingreso de un usuario que se encuentre en la zona de espera y se dirija hacia la zona de maniobras.

3.5 Selección de Sistema de alimentación

Para la selección del sistema de alimentación, se procederá a trabajar con alimentación aislada.

Para nuestro sistema de parqueo se utilizara un sistema de baterías por unidad de plataforma, que serán cargadas al finalizar el día.

Se seleccionó baterías de ciclo profundo, para que puedan trabajar hasta agotar el 100% de su carga.

Una de las mejores opciones del mercado son las baterías Ritar de ciclo profundo de 65Ah y de 12 voltios de trabajo.

Si bien es cierto que no se utilizara el 100 % de la carga de la batería pero, esta ventaja nos dará confiabilidad en el sistema, y darán más tiempo de vida útil al sistema de alimentación.



CAPITULO IV

COSTOS DE INVERSION DE PROYECTO

4.1 Consideraciones generales

En el presente capítulo se calculó los costos del sistema de estacionamiento. Para desarrollar los costos del sistema, se dividió el proyecto en 2 partes: metal-mecánica y civil.

Este capítulo sirvió para analizar el capítulo V. Para ello, se desarrolló unas tablas donde se indica los precios de cada uno de los materiales y elementos necesarios para la construcción e instalación del sistema de parqueo.

4.2 Costos de Proyecto

El costo total del proyecto está representado por 2 áreas:

- Costos de Materiales
- Costos de Mano de Obra

4.2.1 Costos de Materiales

a. Materiales para la parte metal-mecánica

La lista de materiales y su cantidad son basadas según los cálculos y los requerimientos del capítulo III. Para el precio se tomaron los precios de los materiales puestos en Arequipa.

En la siguiente tabla se consideró los consumibles, como la soldadura, que equivale aproximadamente a un 2.5% del costo del acero.

Tabla 31: Costos de los materiales a utilizar para la construcción de la plataforma.

Item	Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Percil C de 6 x 8.2	4	243.5	974
2	Perfil C de 3 x 4.1	3	125.3	375.9
3	Plancha de 1.9mm de espesor	1.5	258	387
4	Motoreductor de 24V x 2 Amp	2	130	260
5	Ruedas de riel	6	60	360
6	Eje de llanta con chaveta	6	50	300
7	Chumaceras cuadradas	12	20	240
8	Bateria 12 V	4	70	280
9	Contactores inalámbricos	2	200	400
10	Perneria	1	80	80
11	Cable	1	50	50
12	Sensores de posición	1	100	100
12	Pintura	1	70	70
13	Consumibles 2.5% del acero	1	56.92	57
			Costo Total S/.	3933.82

Fuente: Propia - Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

b. Materiales electrónicos para el mando

Existen algunos elementos que no son considerados en la tabla anterior por ser elementos que trabajan para el conjunto del sistema. Estos elementos se representaron en la tabla a continuación.

Tabla 32: Elementos de funcionamiento compartido.

Item	Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	PLC de 32 entradas y salidas	1	2000	2000
2	Cable del tablero y PLC	1	500	500
3	Tablero de mando	1	500	500
4	tablero de poder	1	300	300
5	rieles x 6m	14	300	4200
6	Sistema de seguridad	1	3000	3000
7	Pulsadores y botoneras	1	200	200
			S/.	10700

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Los elementos expresados en la Tabla N 32 son elementos compartidos, por todo el sistema. El precio total de estos elementos debe ser compartido por cada plataforma.

c. Materiales para las obras civiles

- **Materiales y Herramientas**

Lo materiales para las obras civiles, se expresó en la siguiente tabla

Tabla 33: Costos de los materiales utilizados para las obras civiles.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Cemento Yura IP	20	21	420
2	Malla	1	500	500
3	Anclajes para riel	80	0.8	64
4	Arena	1	60	60
5	Piedra	1	120	120
			S/.	1164

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

- **Equipos**

Los equipos utilizados para la instalación del sistema de parqueo se calcularon en la siguiente Tabla.

Tabla 34: Costos de los equipos utilizados para las obras civiles.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Trompo	1	120	120
2	Cortadora	1	80	80
			S/.	200

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

En la siguiente tabla se realizó la sumatoria de todos los gastos por materiales. Esta es una tabla RESUMEN de todos los gastos en materiales

Tabla 35: Costos totales de materiales- TABLA RESUMEN MATERIALES.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Metal-mecanico	9	3933.82	35404.38
2	Mando - electronicos	1	10700	10700
3	Civiles - materiales	1	1164	1164
4	Civiles - Equipos	1	200	200
			S/.	47468.38

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

4.2.2 Costos de Mano de Obra

Para el cálculo de la mano de obras se debe de considerar dos tipos de manos de obra: La mano de obra del metal mecánico y la mano de obra del constructor civil.

4.1.1.1. Mano de obra – Metal mecánico

a. Costos de construcción metal-mecánico

Para el cálculo de mano de obra de la plataforma se tomó una cuadrilla de 01 operario y 01 oficial en metal mecánica, que según nuestro rendimiento se terminó la estructura en 3 días

Tabla 36: Costos de la mano de obra utilizada por la construcción de una plataforma.

Descripcion	Costo/dia	Dias de trabajo	Total S/.
Operario	120	3	360
Oficial	100	3	300
			660

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

b. Costos de Obras civiles

La consideración general a tomar es teniendo en cuenta que la mayoría de estacionamientos tiene la losa de concreto armado, como una obra existente.

Entonces el procedimiento para la obra sería el siguiente

Tabla 37: Partidas de trabajo de las obras civiles

Item	Descripcion	Duracion por cuadrilla 1O+1Of+1P (dia)
1	Trazado y replanteo	0.25
2	Picado y cortado	2
3	Colocacion de malla de concreto	0.5
4	Vaciado de concreto 210	1
		3.75

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Para la cuadrilla de instalación del sistema de parqueo se utilizó, los siguientes trabajadores que incluyen:

Tabla 38: Costos de la mano de obra utilizada por la instalación del sistema.

Descripcion	Cantidad	Costo/dia	Dias de trabajo	Total S/.
Operario	1	110.43	3.75	414.1125
Oficial	1	91.63	3.75	343.6125
Peon	1	82.47	3.75	309.2625
				1066.9875

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El costo total de la mano de obra del sistema de parqueo para una distribución de 4 x 4, está representado por la siguiente Tabla. La siguiente tabla es una TABLA RESUMEN de la mano de obra

Tabla 39: Costo total de la mano de obra del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Mano de obra Metal-mecani	9	660	5940
3	Mano de obra - Obras civiles	1	1066.99	1066.99
			S/.	7006.99

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

4.3 Costo Total del sistema

El costo total del sistema de parqueo para una distribución de 4 x 4, está representado por la siguiente Tabla.

Tabla 40: Costo total del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
1	Materiales	1	52008.28	47468.38
3	Mano de obra	1	7006.99	7006.99
			S/.	54475.37

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

4.4 Costos por unidad de estacionamiento

Para el costo de unidad de estacionamiento se calculó el total de la inversión y se dividió entre el total de plataformas. Este dato no es del todo exacto, pues los gastos compartidos, son gastos que pueden variar según la distribución.

$$Costo_{plataforma} = \frac{Costo\ Total}{N\ de\ plataformas} \quad \text{Ecuación 78}$$

$$Costo_{plataforma} = \frac{54475.37}{9}$$

$$Costo_{plataforma} = 6052.82\text{soles}$$

Tipo de cambio referencial de 3.4

$$Costo_{plataforma} = 1780.24\ \text{dolares americanos}$$

4.5 Costos operacionales del sistema

Para los costos operacionales del sistema, se realizó un cálculo en base a estimaciones de mantenimiento y vida útil del elemento. Para el sistema se utilizó una vida útil a los elementos móviles de 5 años y a los elementos estáticos de 15 años, salvo la plancha de la estructura que será considerada como elemento móvil.

Tabla 41: Costo operacional del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4, para elementos de 15 años de vida útil.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad S/.	Vida Util años	Costo Mantto S/.
1	Percil C de 6 x 8.2	4	243.5	15	974
2	Perfil C de 3 x 4.1	3	125.3	15	375.9
9	Contactores inalambricos	2	200	15	400
10	Perneria	1	80	15	80
11	Cable	1	50	15	50
					1879.9

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 42: Costo operacional del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4, para elementos de 5 años de vida útil

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad S/.	Vida Util años	Costo Mantto S/.
3	Plancha de 1.9mm de espesor	1.5	258	5	387
4	Motoreductor de 24V x 2 Amp.	2	130	5	260
5	Llanta	6	60	5	360
6	Eje de llanta con chaveta	6	50	5	300
7	Chumaceras cuadradas	12	20	5	240
					1547

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 43: Costo operacional del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4, para elementos de 3 años de vida útil.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad S/.	Vida Util años	Costo Mantto S/.
8	Bateria 12 V	4	70	3	336
12	Sensores de posicion	1	80	3	96
					432

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 44: Costo operacional del sistema Tetriz parking en una distribución 4 x 4 para el pintado de las estructuras.

Item	Descripcion	Cantidad	Precio por unidad S/.	Vida Util años	Costo Mantto S/.
12	Pintura	9	70	1	630
					630

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 45: Costos de la mano de obra utilizada por año.

Descripcion	Cantidad	Costo mensual	Total S/.
Operario	12	1275	15300
			15300

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 46: Otros costos de mantenimiento

Descripcion	Cantidad	Costo x Mantto	Total S/.
Luz y Agua	1	4000	4000
Operario de Mantto Pintado y reparaciones	1	1000	1000
			5000

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

4.6 Análisis de Desperdicios

Para el análisis de desperdicios se comprobó el uso de los siguientes ítems para una distribución estándar de 4 x 4 con 9 plataformas.

Tabla 47: Desperdicios del sistema de parqueo

Item	Descripcion	Utidades compradas	Unidades necesitadas	% desperdicio perfil	Peso	% desperdicio peso
1	C3x4.1	22	21.6	0.018	134.2	2.44
2	C6x8.2	29	28.185	0.028	353.8	9.94
3	Plancha de 1.9mm	14	12.9015	0.078	1512	118.64
4	3x3x3/16	2	1.8	0.100	67.26	6.73
5	2x2x1/4	3	2.055	0.315	89.7	28.26
6	1x1x1/8	9	8.22	0.087	11.21	0.97
7	1.5x1.5x3/16	6	4.758	0.207	16.82	3.48
				Sumatoria	2184.99	170.46
				Desperdicios %		7.80%

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

De la tabla anterior se calculó el porcentaje de desperdicios de la construcción del sistema de estacionamiento. Teniendo como resultado un porcentaje menor al 7.80% del total del peso.

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA

5.1 Evaluación de casos

Para el cálculo de un sistema de estacionamiento en forma de tetriz se debe realizar diferentes distribuciones que nos ayudaran a conocer más acerca de las bondades de nuestro sistema.

Tabla 48: Porcentaje de incremento de unidades.

Item	Dimension terreno	Distribucion regular	Distribucion Tetriz	Porcentaje de incremento %
1	15m x 15m	12	16	33%
2	15m x 20m	16	21	31%
3	15m x 25m	20	26	30%
4	17.5m x 15m	12	19	58%
5	17.5m x 20m	16	25	56%
6	17.5m x 25m	20	31	55%
			Promedio	44%

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

En la tabla anterior se pudo conocer el incremento de espacios que se puede dar a través del sistema de parqueo en forma de tetriz. Donde se alcanzó a observar un incremento desde el 30% hasta un 58.3%

Para la realización del análisis económico se trabajó con el promedio de 44%, como se indica en la Tabla 48.

5.2 Calculo de Interés

Para el cálculo del Interés se tomó un promedio de algunas de las entidades financieras existentes en el mercado.

Tabla 49: Tabla de intereses en el mercado peruano

Item	Descripcion	Interes%
1	Banco Falabella	7%
2	Banco Financiero	5.75%
3	CMAC	5.35%
4	CRAC	5.65%
	Promedio	5.94%

Fuente: Entidades financieras – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Con este promedio de intereses se realizó el cálculo, para los análisis financieros, donde el promedio fue de 5.94%.

5.3 Cálculo del Valor Presente

Para el cálculo del Valor presente se utilizó un diagrama de flujo de caja, con el que se puede desarrollar la vida útil del equipo, Para desarrollar las entradas económicas del sistema se tomó como precio base de estacionamiento 3 soles/hora.

Entonces

$$A = 3\text{soles/hora} \cdot 8\text{horas/dia} \cdot 6\text{dias/semana} \cdot 52\text{semanas/año} \cdot 13\text{espacios}$$

$$A = 97344\text{soles/año}$$

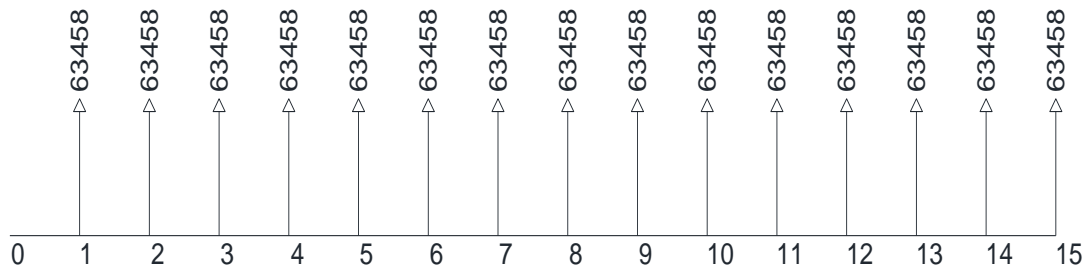
Deducimos IGV (18%) y Renta anual (30%)

$$A = \frac{97344\text{soles/año}}{1.30 * 1.18}$$

$$A = 63457.6$$

Entonces tenemos todas las entradas y salidas de flujo por 15 años, y lo graficamos en la siguiente figura.

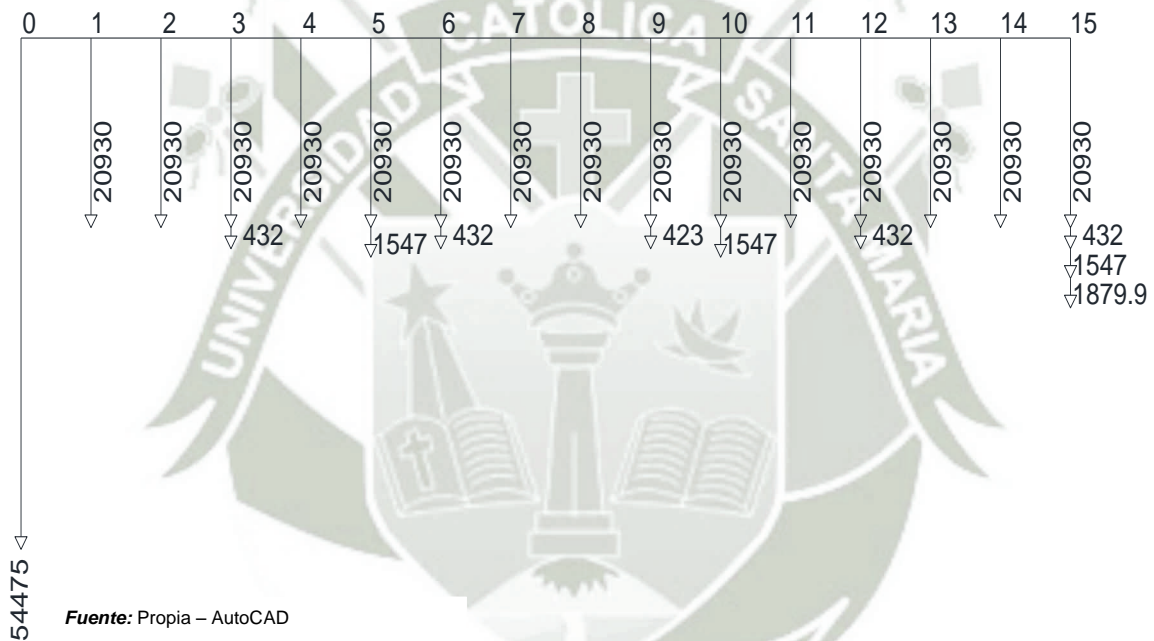
Figura 52: Diagrama de flujos de ganancias



Fuente: Propia – AutoCAD

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 53: Diagrama de flujo de costos



Fuente: Propia – AutoCAD

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Tabla 50: Valor Presente

Interes	VP						Valor Presente (soles)
5.940%	Ganancias	Inversion	Gasto anual	Gasto trianual	Gasto quinquenio	Overall	
Año	63458.00	54475.37	20930.00	456	1981	1900	
0		54475.37					
1	59899.94		19756.47				
2	56541.39		18648.73				
3	53371.14		17603.11	383.52			
4	50378.65		16616.11				
5	47553.94		15684.45		1484.52		
6	44887.62		14805.03	322.56			
7	42370.79		13974.92				
8	39995.09		13191.36				
9	37752.58		12451.72	271.28			
10	35635.81		11753.56		1112.46		
11	33637.73		11094.55				
12	31751.68		10472.48	228.16			
13	29971.38		9885.30				
14	28290.90		9331.03				
15	26704.65		8807.85	191.90	833.65	799.57	
	618743.31	54475.37	204076.67	1397.42	3430.63	799.57	354563.65

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El cálculo presente nos representa la ganancia que se obtendrá después de 15 años de productividad. Esto se realiza con la ayuda de la tasa de interés anual. El valor presente de la inversión es de 354563.65 soles.

5.4 Cálculo del TIR

El cálculo de tasa interna de retorno, nos ayudara a saber cuan mayor es el interés que obtenemos al invertir en un determinado proyecto. En la tabla siguiente se calculó diferentes tasa de retorno para realizar la gráfica del TIR, También se calculó que la tasa de retorno de inversión del proyecto es de 71.78%.

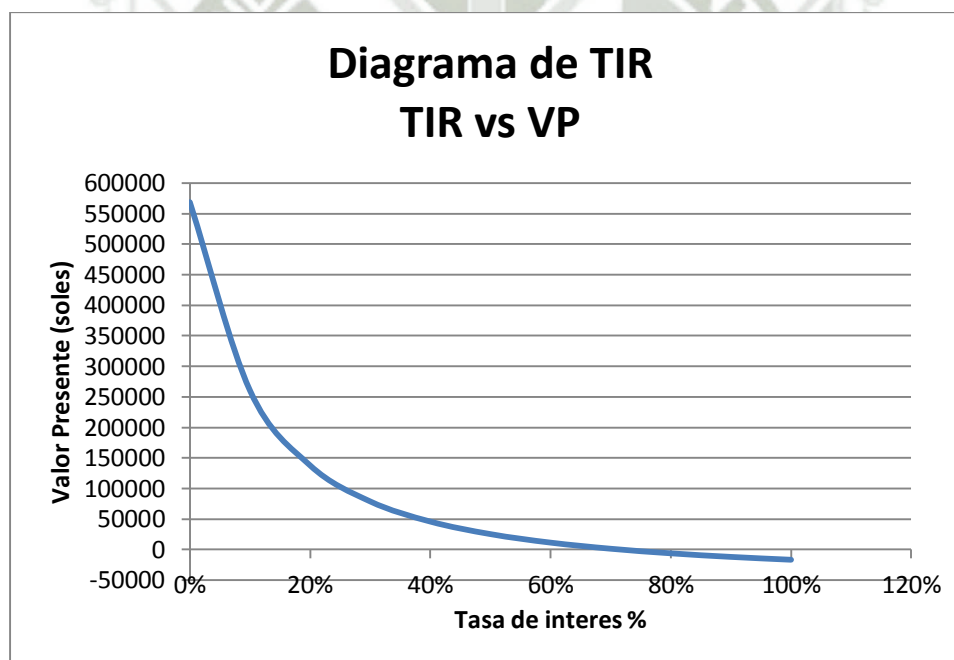
Tabla 51: Recuperación en meses de la inversión realizada.

Interes	VP
0%	568782
10%	260486
20%	137870
30%	78849
40%	45900
50%	25351
60%	11446
70%	1451
80%	-6068
90%	-11926
100%	-16617

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

Figura 54: Grafica de la Tasa interna de retorno



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

5.5 Cálculo del Tiempo de retorno

Para efectos del cálculo mensual se consideró semanas de 6 días y años de 52 semanas y 8 horas por día de trabajo, a un costo de estacionamiento de 3.00 soles.

Tabla 52: Cálculo del tiempo de retorno

Interes	VP						
5.940%	Ganancias		Gasto anual	Gasto trianual	Gasto quinquenio	Overall	Ganancia Neta
Año	63458.00	54475.37	20930.00	432	1547	1879.9	
0		54475.37					-54475.37
1	59899.94		19756.47				-14331.89
2	56541.39		18648.73				23560.76
3	53371.14		17603.11	363.33			58965.46
4	50378.65		16616.11				92728.00
5	47553.94		15684.45		1159.29		123438.20
6	44887.62		14805.03	305.58			153215.21
7	42370.79		13974.92				181611.08
8	39995.09		13191.36				208414.81
9	37752.58		12451.72	257.01			233458.66
10	35635.81		11753.56		868.74		256472.17
11	33637.73		11094.55				279015.36
12	31751.68		10472.48	216.15			300078.40
13	29971.38		9885.30				320164.49
14	28290.90		9331.03				339124.36
15	26704.65		8807.85	181.80	651.01	791.11	355397.25
	618743.31	54475.37	204076.67	1323.87	2679.04	791.11	355397.25

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 55: Gráfica del Tiempo de retorno



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

De la gráfica anterior podemos deducir que el tiempo de retorno de la inversión es de 1 año y 5 meses.

5.6 Cálculo comparativos.

Para realizar un cuadro comparativo se debe de fijar puntos de comparación con respecto a los otros sistemas existentes en el mercado.

Para ello se comparará el sistema de parqueo en forma de tetriz con cada uno del sistema de parqueos existentes en el mercado.

Los precios bases tomados para cada uno de los casos serán los siguientes:

Tabla 53: Bases de comparación entre sistemas

Descripción	Cantidad	Unidad
Vida Útil	15	años
Precio de estacionamiento por hora	3	soles
Interés	5	%
Costos de operación anual automatizados	33	%
Costos de operación sistema convencional luz y agua	3000	soles
Costos de operadores sistema convencional	15300	soles
Renta Anual	30	%
IGV	18	%
Factor de importación	1.5	
Máxima altura a desarrollar	9	metros

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

5.6.1 Playa de estacionamiento no automatizada

La playa de estacionamiento convencional no genera gastos de inversión, pero sí tiene gastos de operación anual que se calculó en la tabla anterior. Siendo su gasto 18300 soles.

Tabla 54: Comparativa Tetriz Parking vs Sistema convencional

TETRIS PARKING SYSTEM				SISTEMA CONVENCIONAL			
Interes	VP			Interes	VP		
5.940%	Ganancias	Gastos	Ganancia Neta	5.940%	Ganancias	Gasto anual	Ganancia Neta
Año	63458.00			Año	39051.00	18300.00	
0		54475.37	-54475.37	0			0.00
1	59899.94	19756.47	-14331.89	1	36861.43	17273.93	19587.50
2	56541.39	18648.73	23560.76	2	34794.63	18648.73	35733.40
3	53371.14	17966.44	58965.46	3	32843.71	17603.11	50974.01
4	50378.65	16616.11	92728.00	4	31002.18	16616.11	65360.08
5	47553.94	16843.74	123438.20	5	29263.91	15684.45	78939.54
6	44887.62	15110.61	153215.21	6	27623.10	14805.03	91757.60
7	42370.79	13974.92	181611.08	7	26074.28	13974.92	103856.96
8	39995.09	13191.36	208414.81	8	24612.31	13191.36	115277.91
9	37752.58	12708.73	233458.66	9	23232.31	12451.72	126058.50
10	35635.81	12622.30	256472.17	10	21929.69	11753.56	136234.63
11	33637.73	11094.55	279015.36	11	20700.10	11094.55	145840.18
12	31751.68	10688.64	300078.40	12	19539.46	10472.48	154907.16
13	29971.38	9885.30	320164.49	13	18443.89	9885.30	163465.76
14	28290.90	9331.03	339124.36	14	17409.75	9331.03	171544.48
15	26704.65	10431.76	355397.25	15	16433.60	8807.85	179170.23
	618743.31	263346.06	355397.25		380764.36	201594.13	179170.23

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Figura 56: Cuadro Comparativo Tetriz Parking vs Sistema convencional



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El superávit generado por la instalación del sistema de parqueo en forma de Tetriz es de 176,227.02 soles

5.6.2 Tower Parking

Se realizó una tabla de comparación con el sistema de Tower parking en donde se define las ganancias que resultaría al finalizar los 15 años de vida útil para ambos casos. Una de las principales restricciones es la altura de operación. Por lo general en todos los centros históricos de las ciudades del Perú y del mundo se tiene restringido la altura de construcción por aspectos culturales. Para el estudio comparativo no se excederá los 5 pisos de automóviles.

Además el gasto anual será un porcentaje de las ganancias equivalente al 33%.

Tabla 55: Cuadro comparativo del valor presente tetriz parking vs Tower Parking

TETRIS PARKING				TOWER PARKING				
Interes	VP			Interes	VP			
5.940%	Ganancias	Gastos	Ganancia Neta	5.940%	Ganancias	Inversion	Gasto anual 33%	Ganancia Neta
Año	63458.00			Año	195255.38	918000.00	64434.28	
0		54475.37	-54475.37	0		918000.00		-918000.00
1	59899.94	19756.47	-14331.89	1	184307.52		60821.48	-794513.96
2	56541.39	18648.73	23560.76	2	173973.49		57411.25	-677951.72
3	53371.14	17966.44	58965.46	3	164218.89		54192.23	-567925.07
4	50378.65	16616.11	92728.00	4	155011.22		51153.70	-464067.55
5	47553.94	16843.74	123438.20	5	146319.83		48285.54	-366033.26
6	44887.62	15110.61	153215.21	6	138115.75		45578.20	-273495.71
7	42370.79	13974.92	181611.08	7	130371.67		43022.65	-186146.69
8	39995.09	13191.36	208414.81	8	123061.80		40610.39	-103695.28
9	37752.58	12708.73	233458.66	9	116161.79		38333.39	-25866.88
10	35635.81	12622.30	256472.17	10	109648.66		36184.06	47597.72
11	33637.73	11094.55	279015.36	11	103500.72		34155.24	116943.20
12	31751.68	10688.64	300078.40	12	97697.49		32240.17	182400.52
13	29971.38	9885.30	320164.49	13	92219.64		30432.48	244187.68
14	28290.90	9331.03	339124.36	14	87048.93		28726.15	302510.47
15	26704.65	10431.76	355397.25	15	82168.15		27115.49	357563.12
	618743.31	263346.06	355397.25		1903825.56	918000.00	628262.43	357563.12

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

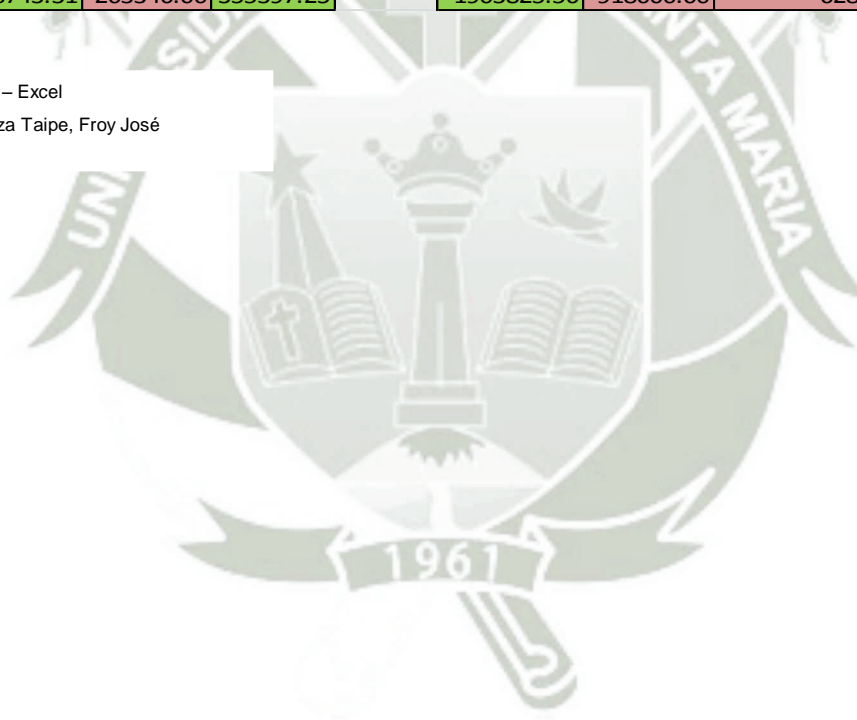
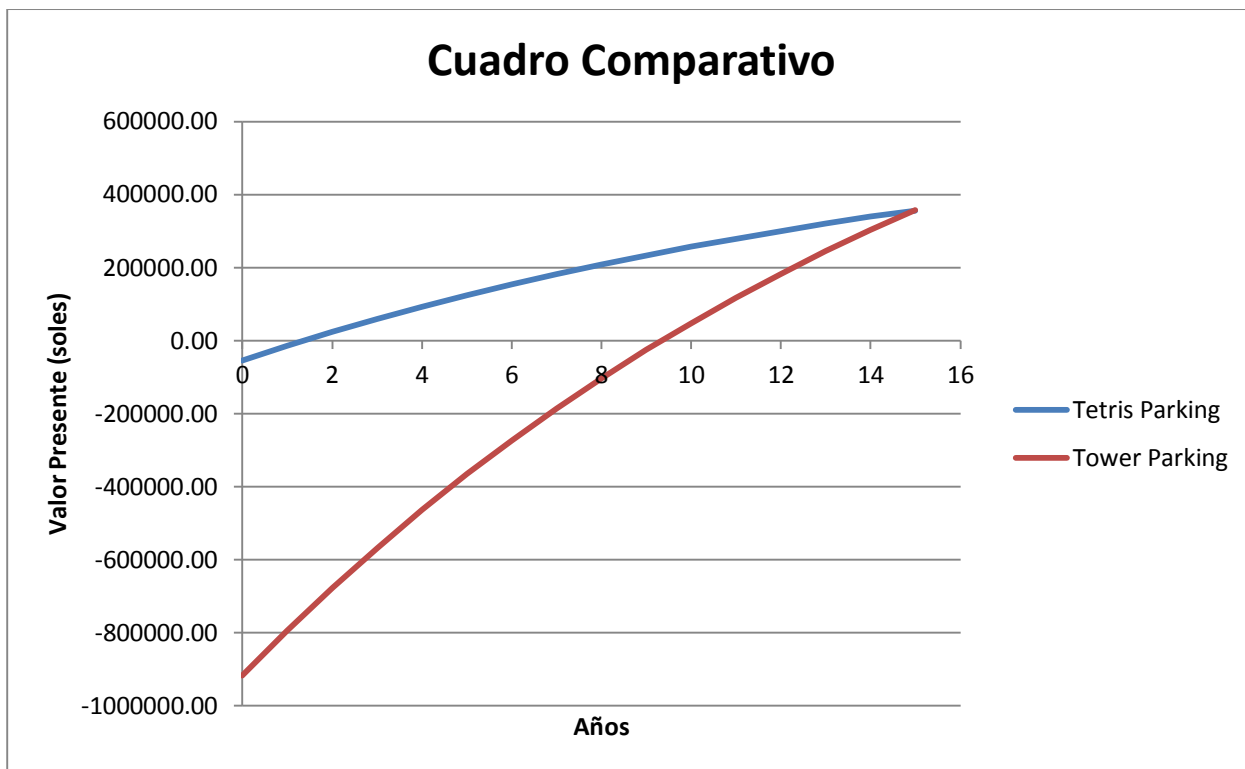


Figura 57: Cuadro comparativo de los sistemas Tetriz Parking vs Tower Parking



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

La diferencia del valor presente de los 2 sistemas es de 2165.88 soles. La diferencia es casi imperceptible.

$$VP_{Tetriz\ Parking} < VP_{Tower\ Parking}$$

La mayor ventaja del sistema de aparcamiento en forma de tetriz es que la inversión es mucho menor que del sistema Tower Parking.

5.6.3 Rotary Parking

Se realizó una tabla de comparación con el sistema de Rotary parking en donde se define las ganancias que resultaría al finalizar los 15 años de vida útil para ambos casos. En este caso la altura restrictiva no es un desventaja para el sistema Rotary parking, porque este sistema no desarrolla grandes alturas.

Para el estudio comparativo no se excederá los 9 espacios de estacionamiento por torre. Además el gasto anual será un porcentaje de las ganancias equivalente al 33%.

Tabla 56: Tabla comparativa de valor presente del sistema Tetris Parking y Rotary Parking

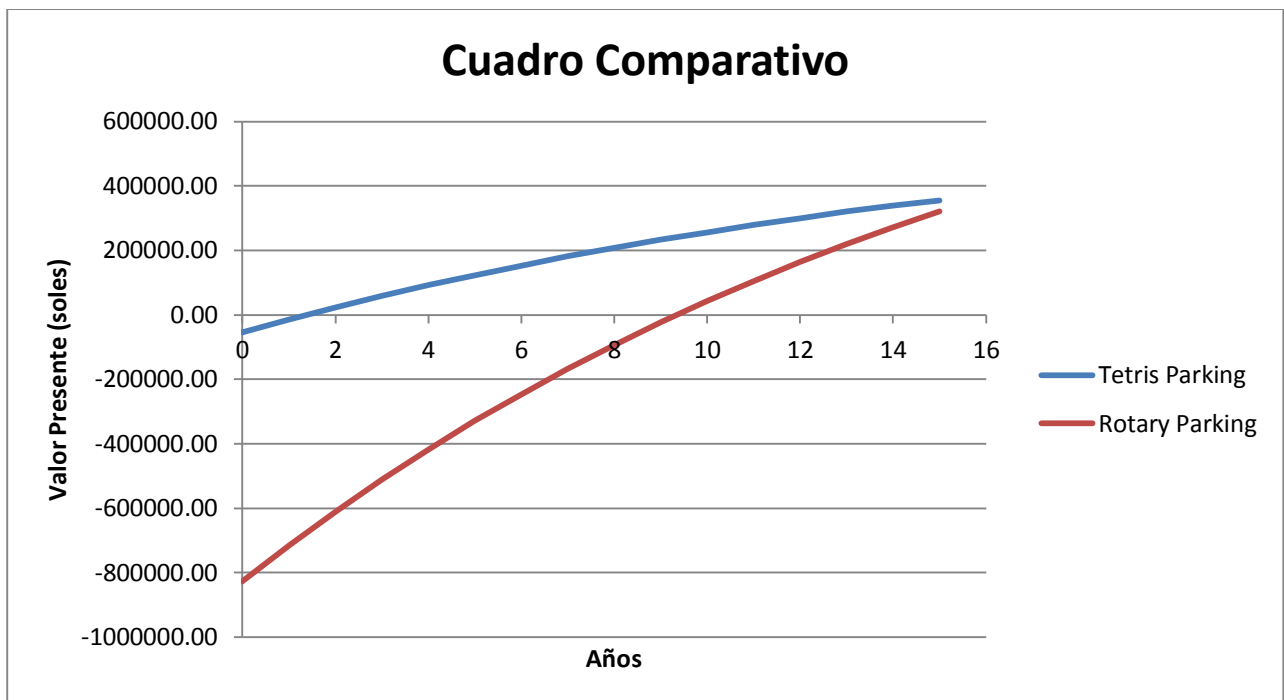
TETRIS PARKING				ROTARY PARKING				
Interes	VP			Interes	VP			
5.940%	Ganancias	Gastos	Ganancia Neta	5.940%	Ganancias	Inversion	Gasto anual 33%	Ganancia Neta
Año	63458.00			Año	175729.85	826200.00	57990.85	
0		54475.37	-54475.37	0		826200.00		-826200.00
1	59899.94	19756.47	-14331.89	1	165876.77		54739.33	-715062.57
2	56541.39	18648.73	23560.76	2	156576.14		51670.13	-610156.55
3	53371.14	17966.44	58965.46	3	147797.00		48773.01	-511132.56
4	50378.65	16616.11	92728.00	4	139510.10		46038.33	-417660.79
5	47553.94	16843.74	123438.20	5	131687.84		43456.99	-329429.94
6	44887.62	15110.61	153215.21	6	124304.18		41020.38	-246146.14
7	42370.79	13974.92	181611.08	7	117334.51		38720.39	-167532.02
8	39995.09	13191.36	208414.81	8	110755.62		36549.36	-93325.75
9	37752.58	12708.73	233458.66	9	104545.61		34500.05	-23280.19
10	35635.81	12622.30	256472.17	10	98683.80		32565.65	42837.95
11	33637.73	11094.55	279015.36	11	93150.65		30739.71	105248.88
12	31751.68	10688.64	300078.40	12	87927.74		29016.15	164160.47
13	29971.38	9885.30	320164.49	13	82997.68		27389.23	219768.91
14	28290.90	9331.03	339124.36	14	78344.04		25853.53	272259.42
15	26704.65	10431.76	355397.25	15	73951.33		24403.94	321806.81
	618743.31	263346.06	355397.25		1713443.00	826200.00	565436.19	321806.81

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José



Figura 58: Análisis de VP y tiempo de retorno entre Tetriz parking y Rotary parking



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

La diferencia del valor presente de los 2 sistemas es de 33590.44 soles.

$$VP_{Tetriz\ Parking} > VP_{Tower\ Parking}$$

Para este caso también la principal ventaja es el costo de la inversión.

5.6.4 Puzzle Parking

Se realizó una tabla de comparación con el sistema de Puzzle parking en donde se define las ganancias que resultaría al finalizar los 15 años de vida útil para ambos casos. En este caso la altura restrictiva no es un desventaja para el sistema Rotary parking, porque este sistema no desarrolla grandes alturas. Para el estudio comparativo no se excederá los 4 pisos de automóviles por temas de tiempo de entrega.

Además el gasto anual será un porcentaje de las ganancias equivalente al 33%.

En la actualidad se tiene un sistema de estacionamiento en la ciudad de Arequipa, ubicado en la calle Pizarro, pero tiene problemas de aceptación.

Tabla 57: Tabla comparativa de valor presente del sistema Tetris Parking y Puzzle Parking

TETRIS PARKING				PUZZLE PARKING				
Interes	VP			Interes	VP			
5.940%	Ganancias	Gastos	Ganancia	5.940%	Ganancias	Inversion	Gasto anual 33%	Ganancia
Año	63458.00		Neta	Año	195255.38	734400.00	64434.28	Neta
0		54475.37	-54475.37	0		703800.00		-734400.00
1	59899.94	19756.47	-14331.89	1	184307.52		60821.48	-610913.96
2	56541.39	18648.73	23560.76	2	173973.49		57411.25	-494351.72
3	53371.14	17966.44	58965.46	3	164218.89		54192.23	-384325.07
4	50378.65	16616.11	92728.00	4	155011.22		51153.70	-280467.55
5	47553.94	16843.74	123438.20	5	146319.83		48285.54	-182433.26
6	44887.62	15110.61	153215.21	6	138115.75		45578.20	-89895.71
7	42370.79	13974.92	181611.08	7	130371.67		43022.65	-2546.69
8	39995.09	13191.36	208414.81	8	123061.80		40610.39	79904.72
9	37752.58	12708.73	233458.66	9	116161.79		38333.39	157733.12
10	35635.81	12622.30	256472.17	10	109648.66		36184.06	231197.72
11	33637.73	11094.55	279015.36	11	103500.72		34155.24	300543.20
12	31751.68	10688.64	300078.40	12	97697.49		32240.17	366000.52
13	29971.38	9885.30	320164.49	13	92219.64		30432.48	427787.68
14	28290.90	9331.03	339124.36	14	87048.93		28726.15	486110.47
15	26704.65	10431.76	355397.25	15	82168.15		27115.49	541163.12
	618743.31	263346.06	355397.25		1903825.56	703800.00	628262.43	571763.12

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

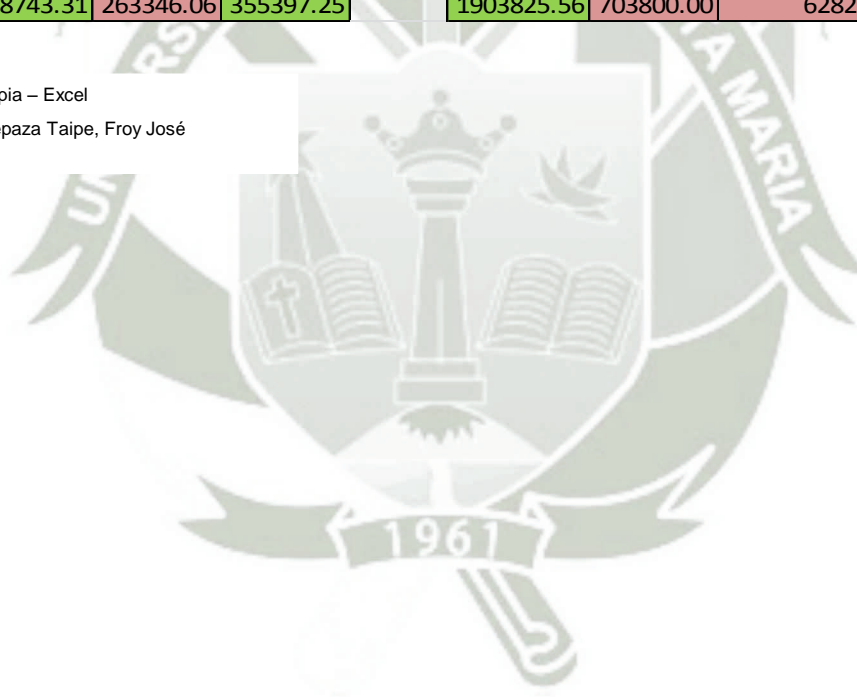


Figura 59: Análisis de VP y tiempo de retorno entre Tetriz parking y Rotary parking



Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

La diferencia del valor presente de los 2 sistemas es de 216365.88 soles.

$$VP_{Tetriz\ Parking} < VP_{Tower\ Parking}$$

Para este caso también la principal ventaja es el costo de la inversión.

CONCLUSIONES

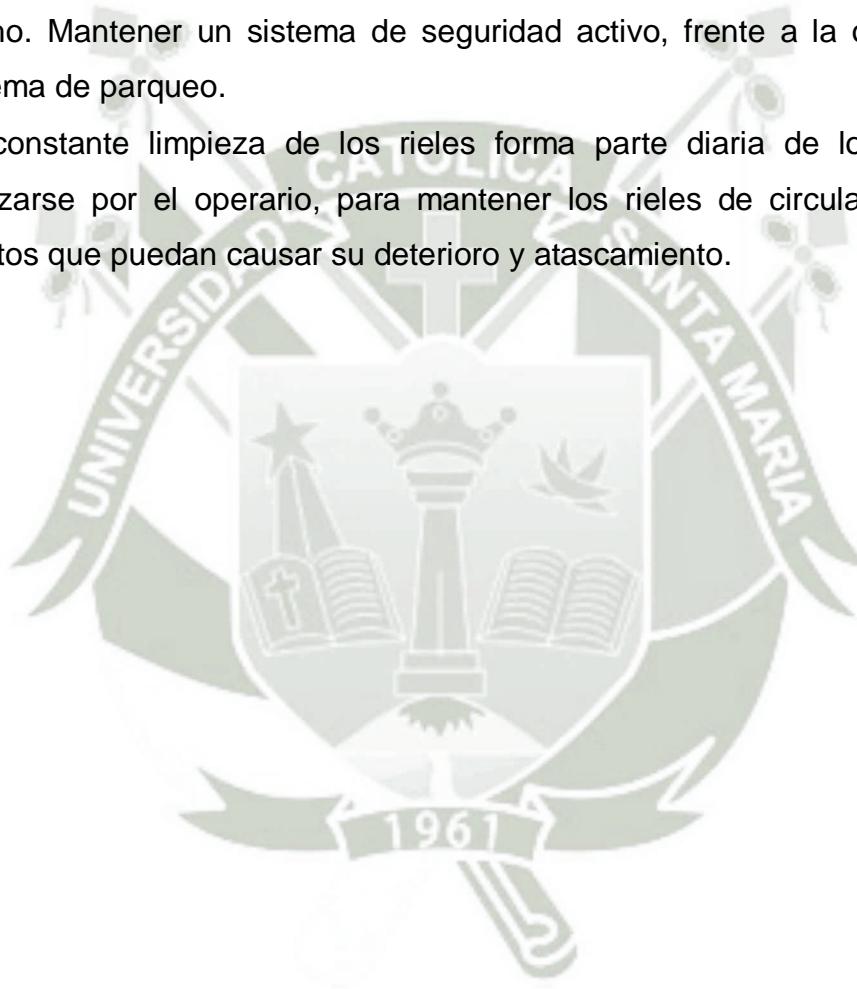
- Se diseñó un sistema de aparcamiento vehicular en forma de Tetriz que logra incrementar el número de espacios de una playa de estacionamientos desde un 30% hasta un 58.3%, a través de la instalación del sistema de estacionamiento, planteada en el presente trabajo-tesis.
- La estructura cumple con los requisitos mínimos de la norma E0.90, producto del uso de la norma se extrae el diseño de la plataforma que está representada en los planos anexados a la tesis.
- Todos los elementos de máquinas seleccionados para el funcionamiento de la plataforma cumplieron como mínimo los esfuerzos de fluencia del acero. En todos los casos los esfuerzos resultantes fueron menor al esfuerzo de fluencia del material. Siendo comprobadas por métodos computacionales que confirman los cálculos presentados.
- Se puede concluir que el sistema de aparcamiento en forma de tetriz es la solución adecuada para el déficit de estacionamientos en ciudades que cuentan con normativa especial, que no permiten la construcción de edificaciones mayores a los 9 metros y también cuando se desea incrementar espacios en lugares donde no se cuenta con los aires libres.
- El costo promedio de cada plataforma instalada es de 1800 dólares americanos, este costo es variable en función al número de ellas y a la distribución en la playa de estacionamiento. Para una distribución de 4 x 4 se presentó un valor presente (VP) positivo de 354,563.65 soles, después de su vida útil, lo cual nos permite afirmar un balance positivo en la propuesta.
- El sistema de parqueo en forma de tetriz es un sistema que demanda de una baja inversión inicial frente a todos los sistemas de aparcamiento automatizados.

6.1 Observaciones

- La tasa interna de retorno (TIR), del sistema de aparcamiento es de 71.78% superior a lo que se podría alcanzar si uno realizara un depósito a plazo fijo en una entidad financiera (5.94%).
- El tiempo de retorno de la inversión del sistema de parqueo es de 1 año y 5 meses. Según se demostró en la tabla 53.
- El sistema de aparcamiento en forma de tetriz tiene una mayor ganancia que un sistema convencional, al finalizar un periodo de comparación de 15 años, se tiene un superávit de 176227.02 soles.
- El sistema de aparcamiento en forma de tetriz y el sistema de Tower parking, tienen un similar desempeño económico después de los 15 años de servicios, la diferencia entre ambos es de tan solo 2165.88 soles a favor del sistema de parqueo Tower Parking.
- El sistema de parqueo Rotary parking tiene un similar desempeño que el sistema de parqueo en forma de tetriz, según lo observado de la figura 56, La diferencia es de 33590.44 soles a favor del Rotary parking.
- El sistema de parqueo Puzzle parking tiene un mejor desempeño que el sistema de parqueo en forma de tetriz. El sistema Puzzle tiene un superávit de 216,365.88 soles frente al sistema de parqueo en forma de tetriz.
- De todos los sistemas de aparcamiento, el sistema de aparcamiento en forma de Tetriz es el más sencillo de instalar, y su tiempo de instalación es mucho menor a los demás sistemas de instalación, debido a que solo necesita una cimentación simple.
- El tiempo de espera de una unidad oscila de 5 a 10 segundos desde la llamada de la plataforma hasta la detención del sistema para el ingreso o salida de la unidad.
- El sistema de aparcamiento es el sistema con menor consumo de energía, debido a que no necesita de motores de alta potencia para desplazar los automóviles. Se deduce que es mucho más sencillo empujar un objeto que levantarlo.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda un análisis de distribución en sitio para poder, observar si la distribución planteada puede ser factible, sin dañar la parte estructural de la edificación.
- Conocer el manual de operación del equipo para saber qué es lo que se debe hacer frente a un determinado hecho.
- La seguridad ante todo, cuando se opera el sistema, nos permitirá asegurar la vida y la integridad de los usuarios y de terceras personas implicada en el hecho. Mantener un sistema de seguridad activo, frente a la operación del sistema de parqueo.
- La constante limpieza de los rieles forma parte diaria de los trabajos a realizarse por el operario, para mantener los rieles de circulación libre de objetos que puedan causar su deterioro y atascamiento.



BIBLIOGRAFIA

- AISC. (s.f.). *Load & Resistance Factor Design- Second Edition*.
- Alibaba. (2015). *Sistema de Parqueo rotacional*. Recuperado el 26 de Julio de 2016, de http://compass.alibaba.com/tag/search?spm=a2700.7906341.35.1.YguxHA&appFrom=s_affiliate&pageFrom=keyword&scene=productItem&subject=Vertical-strong-Rotary-strong-Smart-strong&pid=60352522360&posCate=1210
- Alibaba. (2015). *Sistema de Parqueo tipo rompecabezas*. Recuperado el 26 de Julio de 2016, de http://www.alibaba.com/product-detail/Bortome-Parking-BTP-PSH-CE-ISO_1566522393.html?spm=a2700.7743248.51.1.jkvYfp
- Alibaba. (2015). *Sistema de Parqueo tipo Torre*. Recuperado el 26 de Julio de 2016, de http://www.alibaba.com/product-detail/Professional-PCS-Type-Tower-Auto-Parking_1711565482.html?s=p&spm=a2700.7906341.35.1.1GDfyt
- Csemak, J. C.-S. (Diciembre 2012). *Diseño de estructuras de acero 5ta Edicion*. Mexico: Alfaomega.
- Davila, F. A. (2006). *Diseño de elementos de Maquinas I*. Lima: Grupo Universitario S.A.C.
- Davila, F. A. (2006). *Diseño de elementos de Maquinas II*. Lima: Grupo Universitario S.A.C.
- DINUY. (2016). *Dinuy*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de <http://www.dinuy.com/images/download/Instrucciones-Reguladores/CO%20REG%20R07.pdf>
- DINUY. (2016). *Dinuy*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de <http://www.dinuy.com/es/inicio/81-productos/reguladores-de-luz/144-co-reg-r07>
- Falabella, B. (2012). Recuperado el 2016 de Octubre de 10, de banco Falabella - Deposito a plazo fijo: <https://www.bancofalabella.pe/cuenta-ahorro/ahorro-plazo-fijo-beneficio.html>
- Financiero, B. (2016). Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de Deposito a plazo fijo: <http://www.financiero.com.pe/BanPer/PlazoFijo.aspx?idmenu=1101>

- Ltd., R. C. (2016). *RS*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_a_la_rodadura
- Ltd., R. C. (2016). *RS*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1191/0900766b8119143d.pdf>
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de Materiales* (Quinta edición ed.). Mexico: Pearson Educacion.
- Pressman. (2002). Recuperado el 2016 de Octubre de 10, de Análisis de requisitos del software: <http://yaqui.mxl.uabc.mx/~molguin/as/IngReq.htm>
- republica, L. (2012). Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de Ahorros a plazo fijo dan mas del 7% de interes: <http://larepublica.pe/26-05-2012/ahorros-plazo-fijo-dan-mas-del-7-de-interes>
- Sullivan, W. G., & Wicks, E. M. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Wikimedia, F. (21 de Febrero de 2016). *Wikipedia*. Recuperado el 2016 de Agosto de 23, de https://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_a_la_rodadura
- Yaguachi, Y. (2009). *Escuela Politecnica Nacional*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de [Bibdigital: bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC](http://bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC)

ANEXOS

ANEXO 1: MANUAL DE POSICIONES

Cuadro de Entradas de señales

En el cuadro de entradas se desarrolló las entradas al PLC de cada uno de los sensores de carrera pulsador de posición Standard, pulsadores de orden (del pulsador 1 al pulsador 10), llave de contacto para reseteo por emergencia y entrada de señal por alarma en el sistema de seguridad

Tabla Nro. 01: Entradas de señales para el sistema del PLC.

Enumeracion Logica	Nombre de la entrada
%I0.1	Sensor 1
%I0.2	Sensor 2
%I0.3	Sensor 3
%I0.4	Sensor 4
%I0.5	Sensor 5
%I0.6	Sensor 6
%I0.7	Sensor 7
%I0.8	Sensor 8
%I0.9	Sensor 9
%I0.10	Sensor 10
%I0.11	Sensor 11
%I0.12	Sensor 12
%I0.13	Llave de Reset
%I0.14	Standard
%I0.15	Pulsador 1
%I0.16	Pulsador 2
%I0.17	Pulsador 3
%I0.18	Pulsador 4
%I0.19	Pulsador 5
%I0.20	Pulsador 6
%I0.21	Pulsador 7
%I0.22	Pulsador 8
%I0.23	Pulsador 9
%I0.24	Pulsador 10
%I0.25	Sistema de seguridad

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Cuadro de Salidas de señales

Para el cuadro de señales de salida, se tiene las señales de dirección de cada una de las plataformas, cada plataforma recibirá la señal inalámbrica a través de dos contactores que le indicaran la dirección de deslizamiento: derecho o izquierda.

Tabla Nro. 02: Salidas de señales para el sistema del PLC.

Enumeracion logica	Nombre de la salida
%Q0.1	Motor plataforma 1 derecha
%Q0.2	Motor plataforma 1 izquierda
%Q0.3	Motor plataforma 2 derecha
%Q0.4	Motor plataforma 2 izquierda
%Q0.5	Motor plataforma 3 derecha
%Q0.6	Motor plataforma 3 izquierda
%Q0.7	Motor plataforma 4 derecha
%Q0.8	Motor plataforma 4 izquierda
%Q0.9	Motor plataforma 5 derecha
%Q0.10	Motor plataforma 5 izquierda
%Q0.11	Motor plataforma 6 derecha
%Q0.12	Motor plataforma 6 izquierda
%Q0.13	Motor plataforma 7 derecha
%Q0.14	Motor plataforma 7 izquierda
%Q0.15	Motor plataforma 8 derecha
%Q0.16	Motor plataforma 8 izquierda
%Q0.17	Motor plataforma 9 derecha
%Q0.18	Motor plataforma 9 izquierda

Fuente: Propia – Excel

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Memorias de PLC

El sistema de PLC también contara con memorias, que le permita realizar su rutina

Tabla Nro. 3: Memorias del sistema del PLC.

Enumeracion logica	Nombre de la memoria
%M0	Memoria de reset
%M1	Memoria de pulsador 1
%M2	Memoria de pulsador 1
%M3	Memoria de pulsador 3
%M4	Memoria de pulsador 3
%M5	Memoria de pulsador 4
%M6	Memoria de pulsador 4
%M7	Memoria de pulsador 5
%M8	Memoria de pulsador 5
%M9	Memoria de pulsador 6
%M10	Memoria de pulsador 6
%M11	Memoria de pulsador 7
%M12	Memoria de pulsador 7
%M13	Memoria de pulsador 8
%M14	Memoria de pulsador 8
%M15	Memoria de pulsador 9
%M16	Memoria de pulsador 9
%M17	Memoria de pulsador 10
%M18	Memoria de pulsador 10

Fuente: Propia – Excel

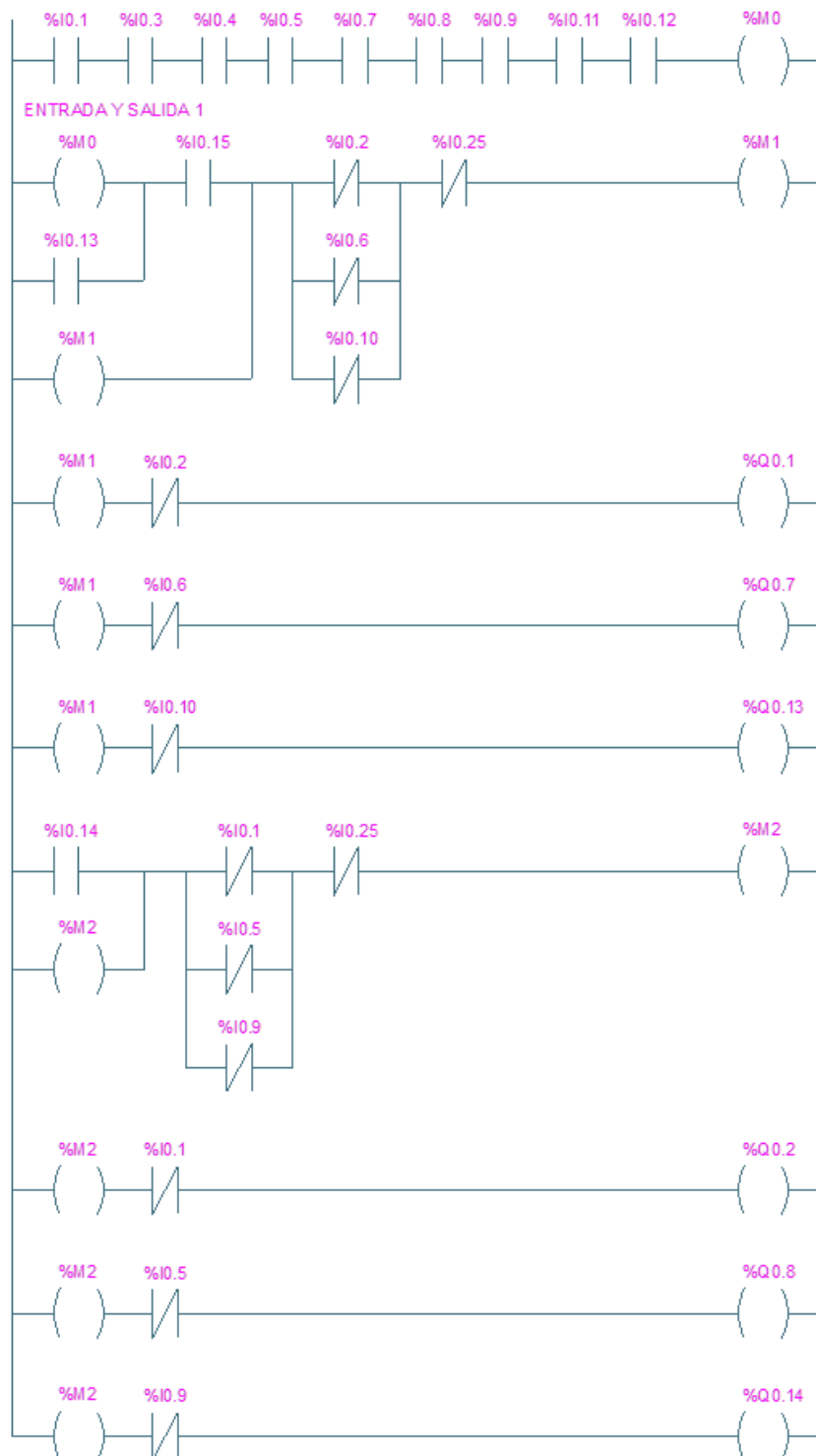
Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Posición 01

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 01, mostrada con anterioridad en la figura Nro.01.

Entonces para liberar la posición 01 para la salida de la unidad vehicular, se tendrá el siguiente algoritmo lógico.

Figura Nro.01: Algoritmo de la posición 1 incluyendo algoritmo de retorno.

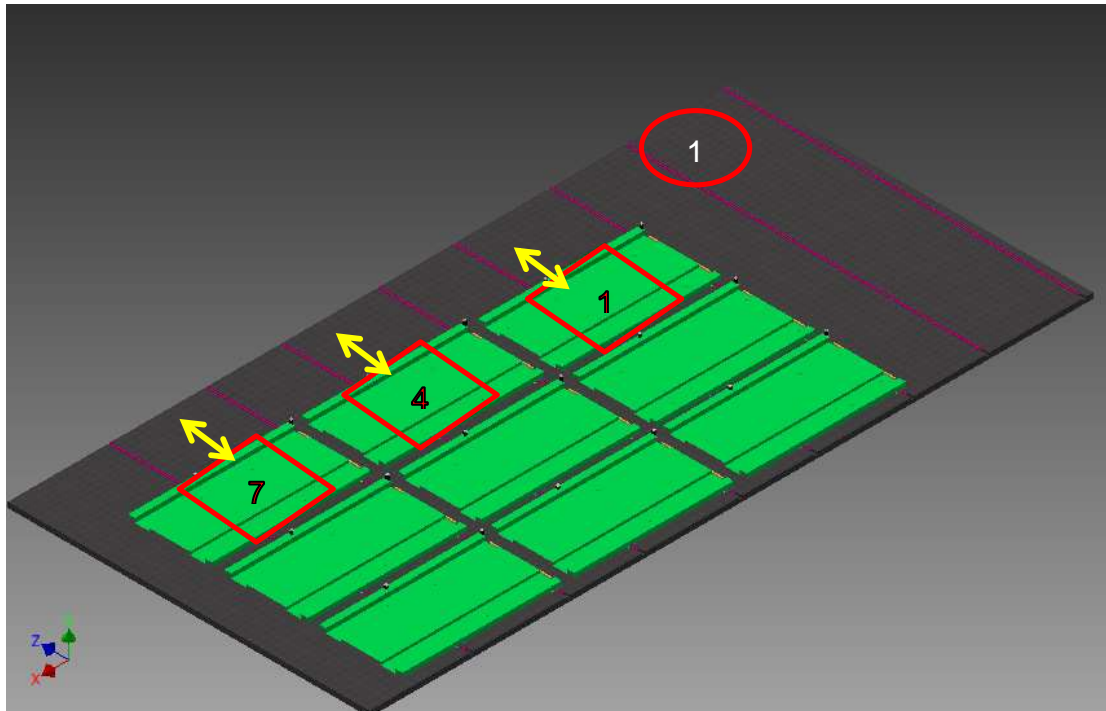


Fuente: Propia – AutoCAD

Autor: Mollepaza Taípe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 1, 4 y 7 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro. 2

Figura Nro. 2: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 01.



Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Las demás posiciones del sistema de parqueo en forma de tetriz se encuentran en los anexos de la tesis. En el cual se continúa con la descripción de las posiciones restantes, desde la posición 03 hasta la posición 10, correspondientes a la misma distribución del sistema de parqueo planteado con anterioridad.

Posición 02

La posición 02 es la posición estándar, esta posición es importante, porque permite tener de una manera más inmediata el acceso de cualquier plataforma, esta idea además facilita el lenguaje de programación, porque para poder acceder a una posición, existen múltiples formas de realizarlo, y esto complicaría la lógica del sistema de paqueo.

Posición 03

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 03, mostrada con anterioridad en la figura N° 37.

Entonces para liberar la posición 03 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.



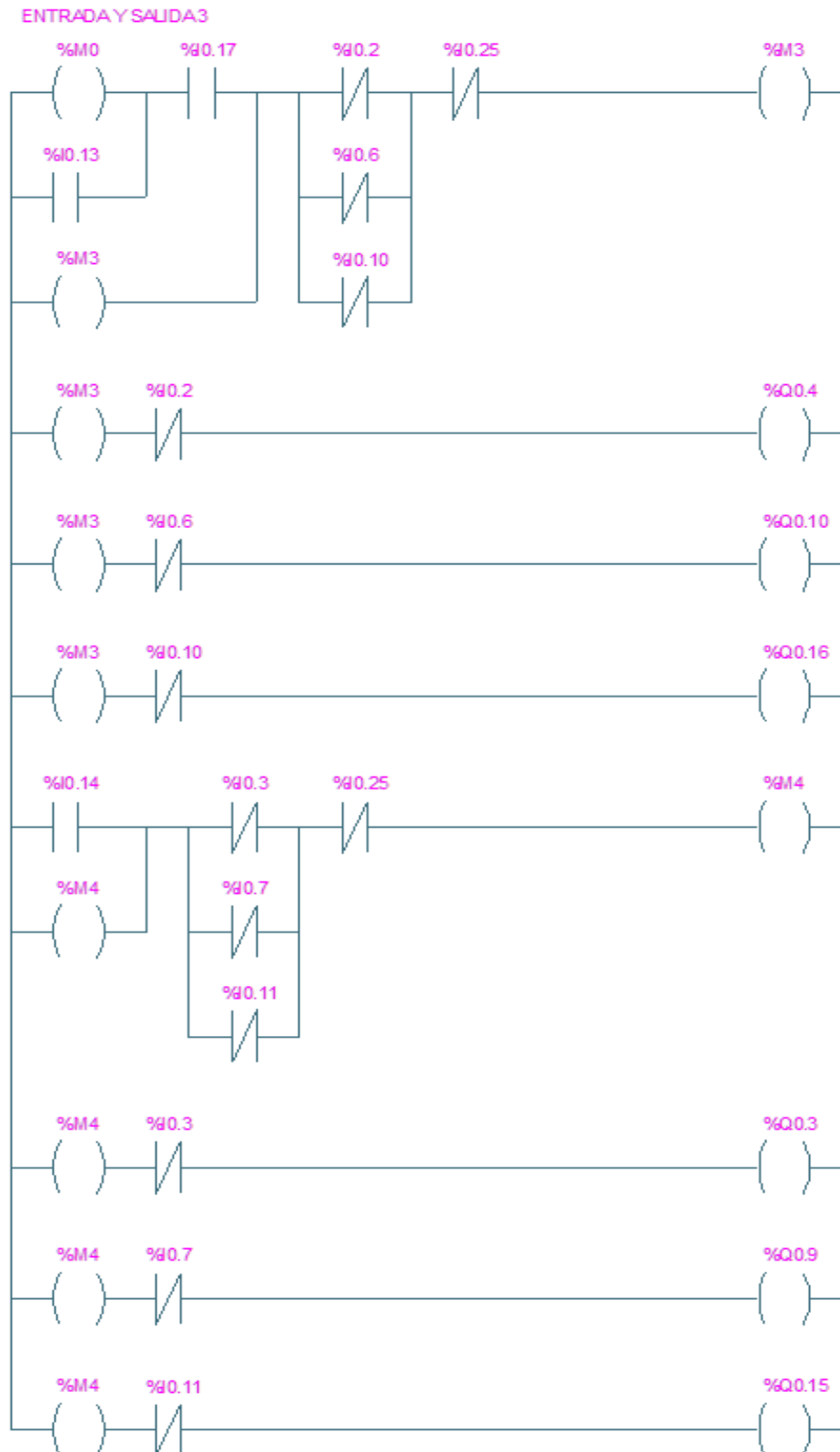


Figura Nro. 3: Algoritmo de la posición 3 incluyendo algoritmo de retorno

Fuente: Propia – AutoCAD

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 2, 5 y 8 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro. 4.

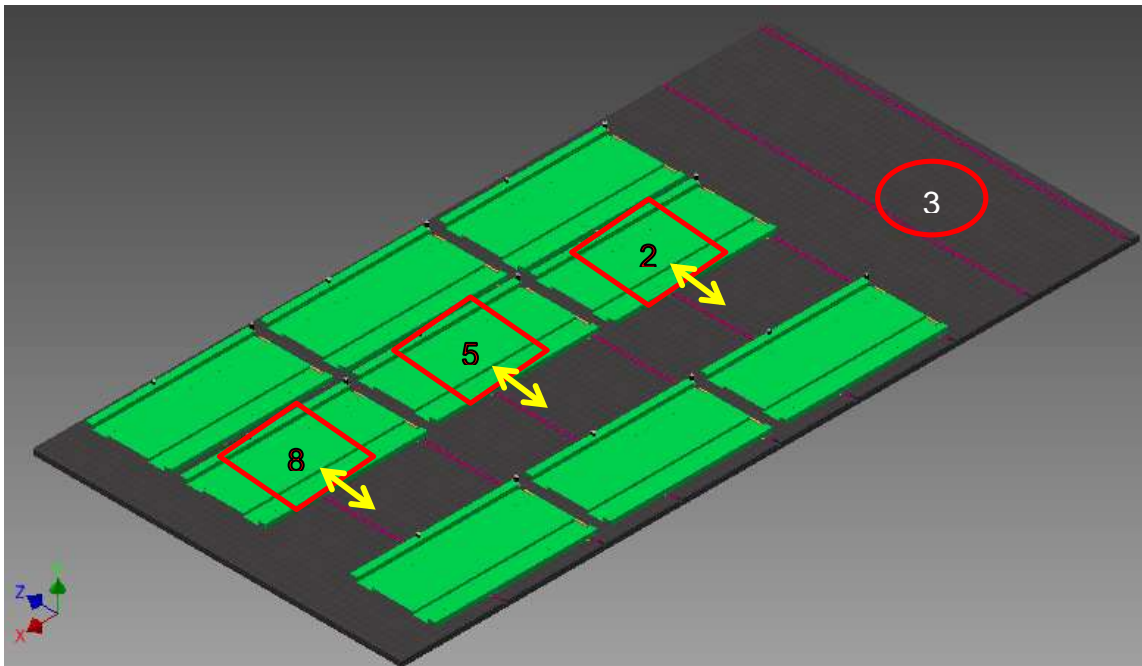


Figura Nro. 4: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 03

Seguidamente después de librar el carril regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Posición 04

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 04. Entonces para liberar la posición 04 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

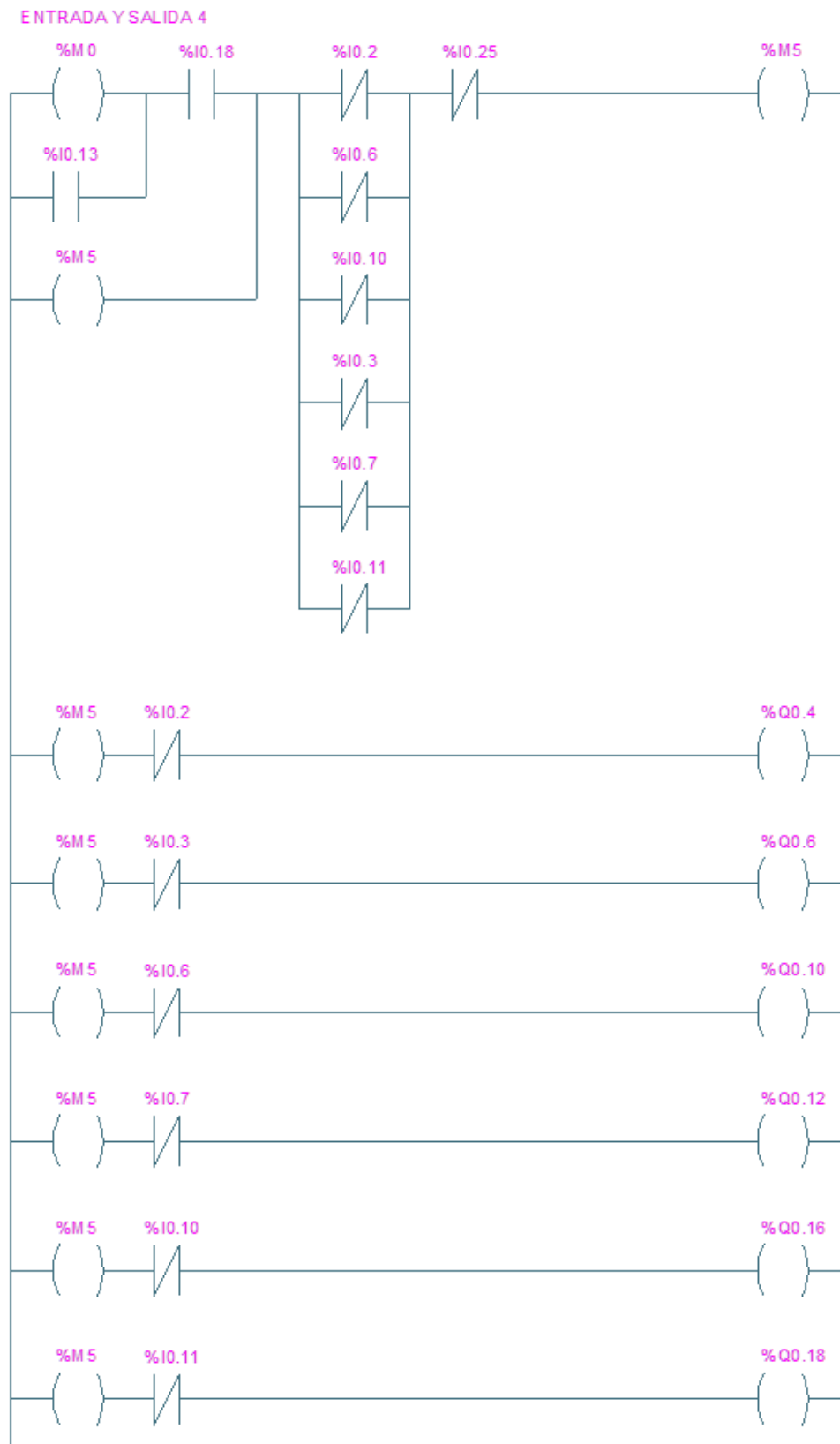


Figura Nro. 5: Algoritmo de la posición 4 incluyendo algoritmo de retorno

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

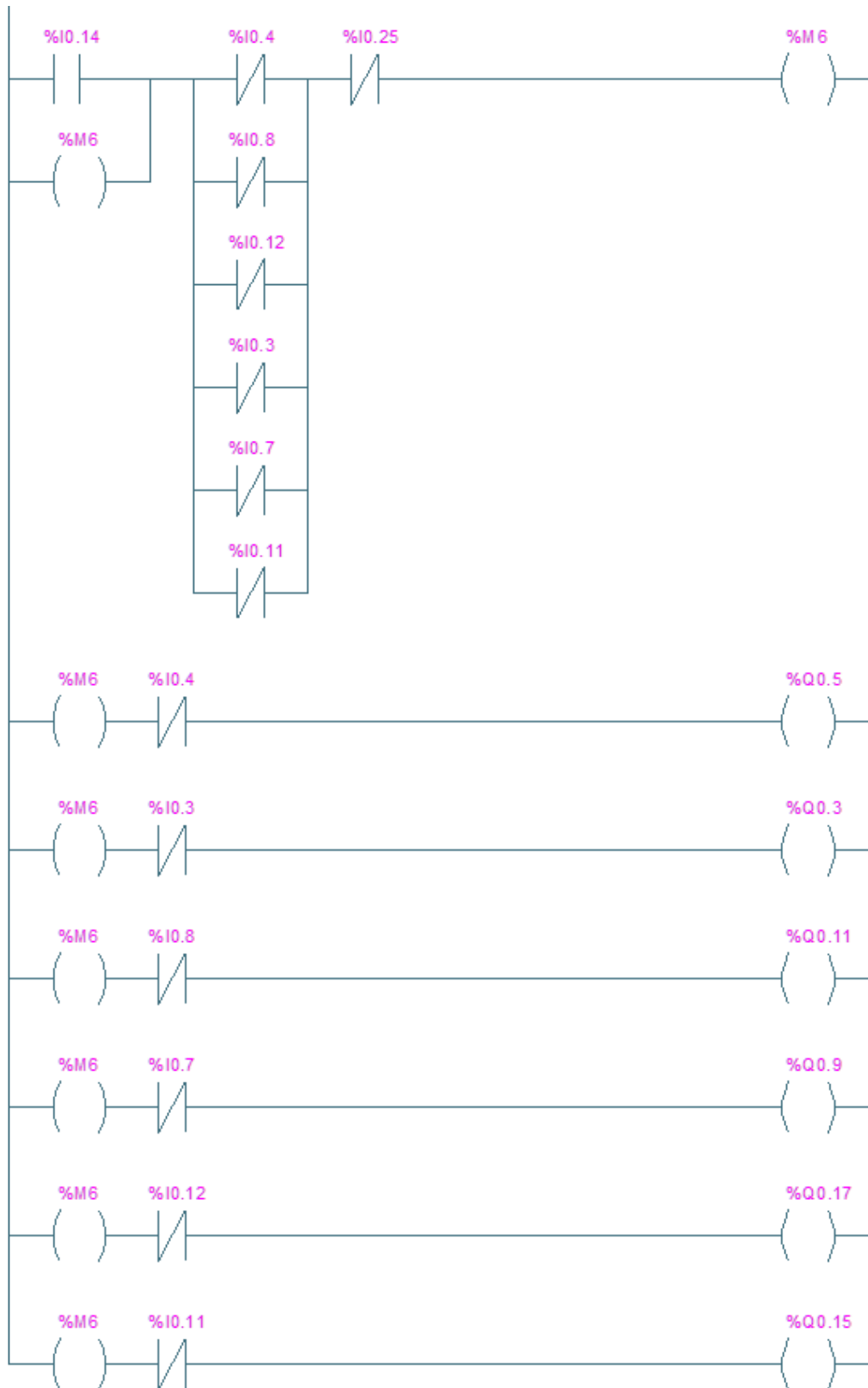


Figura Nro. 5: Algoritmo de la posición 4 incluyendo algoritmo de retorno

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 2, 3, 5, 6, 8 y 9 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro. 6.

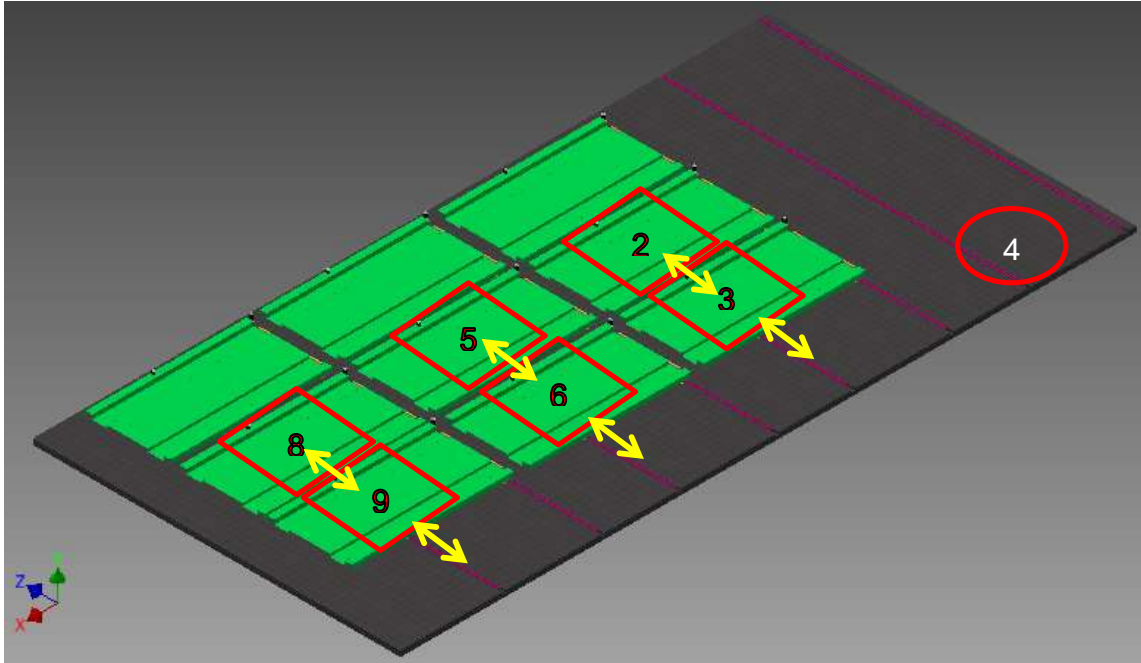


Figura Nro. 6: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 04.

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 05

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 05. Entonces para liberar la posición 05 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

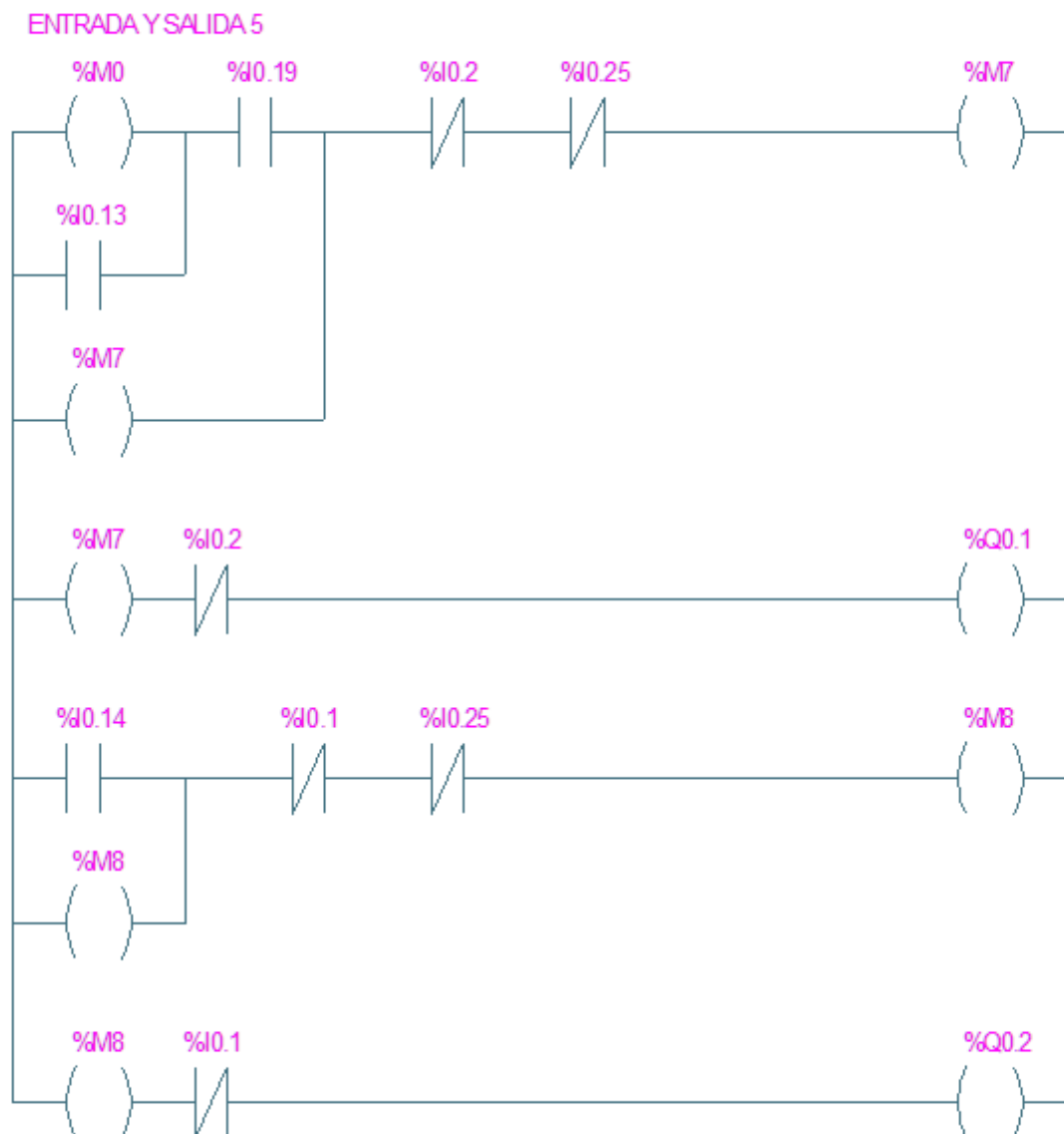


Figura Nro. 7: Algoritmo de la posición 5 incluyendo algoritmo de retorno

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que la plataforma 1 se desplace y deje libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro. 8.

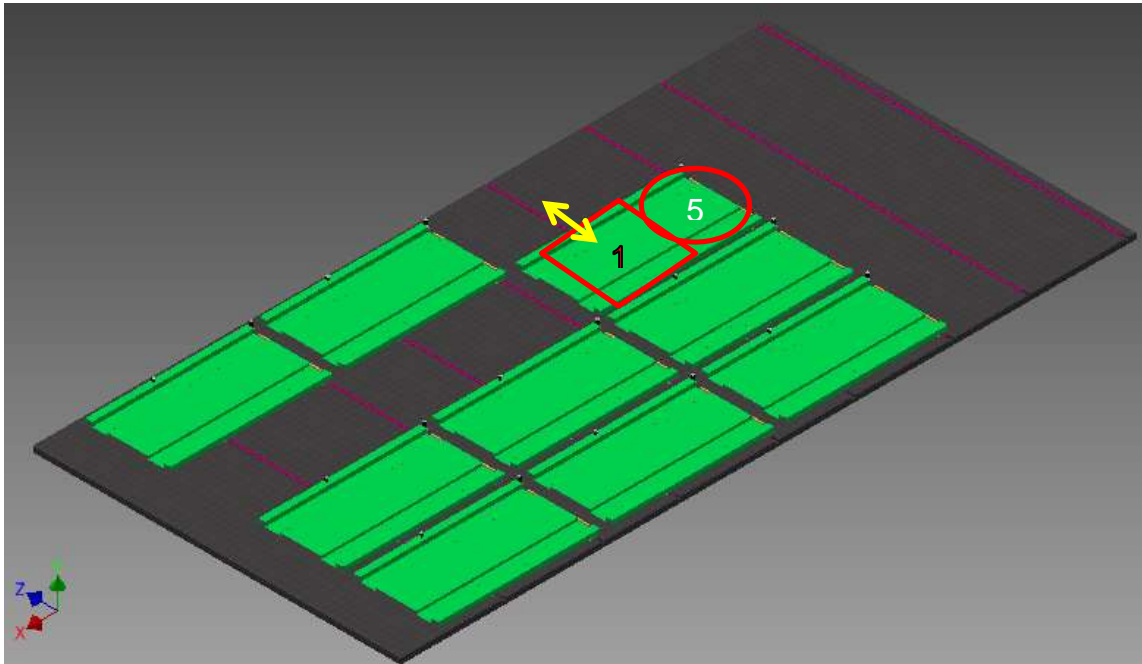


Figura Nro. 8: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 05

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 06

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 06. Entonces para liberar la posición 06 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

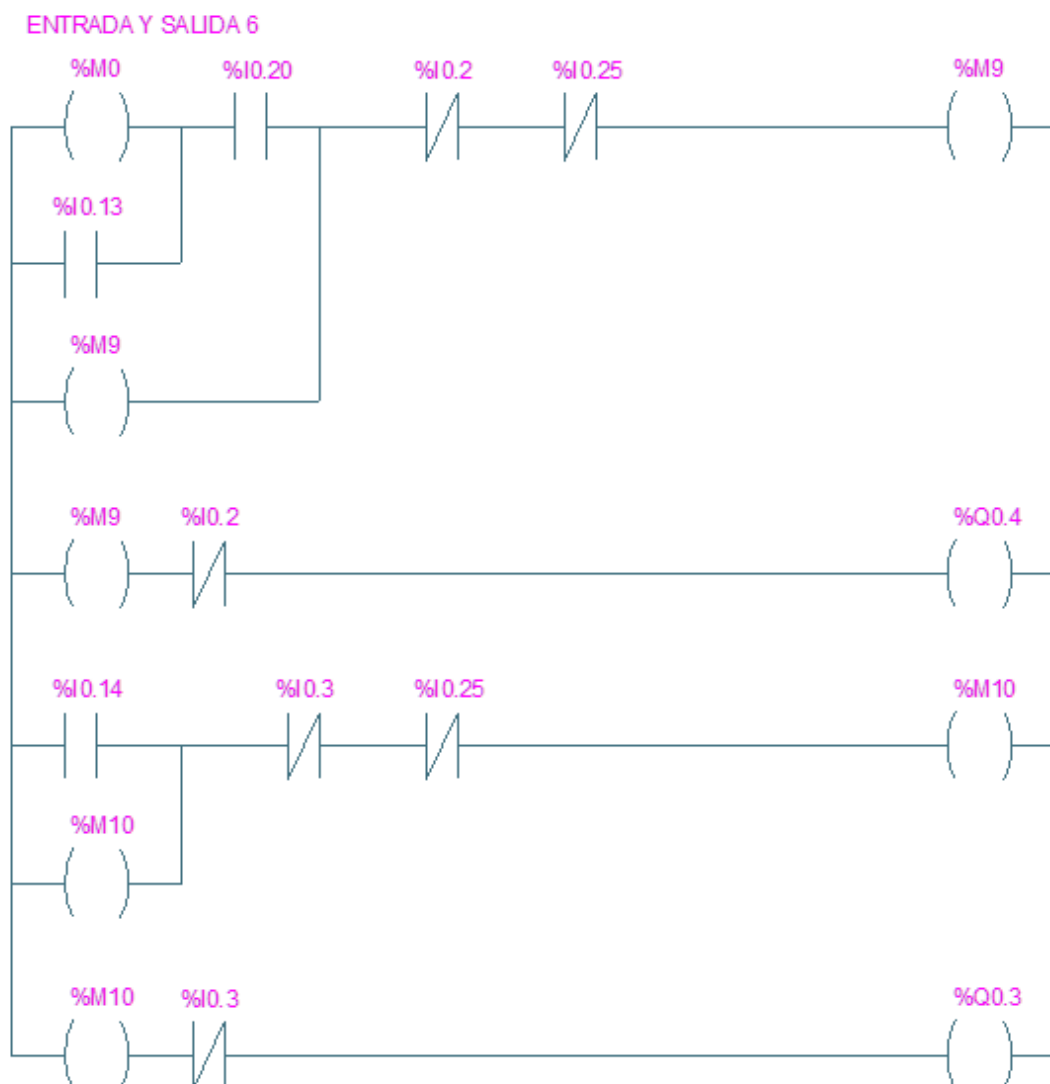


Figura Nro. 9: Algoritmo de la posición 6 incluyendo algoritmo de retorno

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que la plataforma 2 se desplace y deje libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro.10.

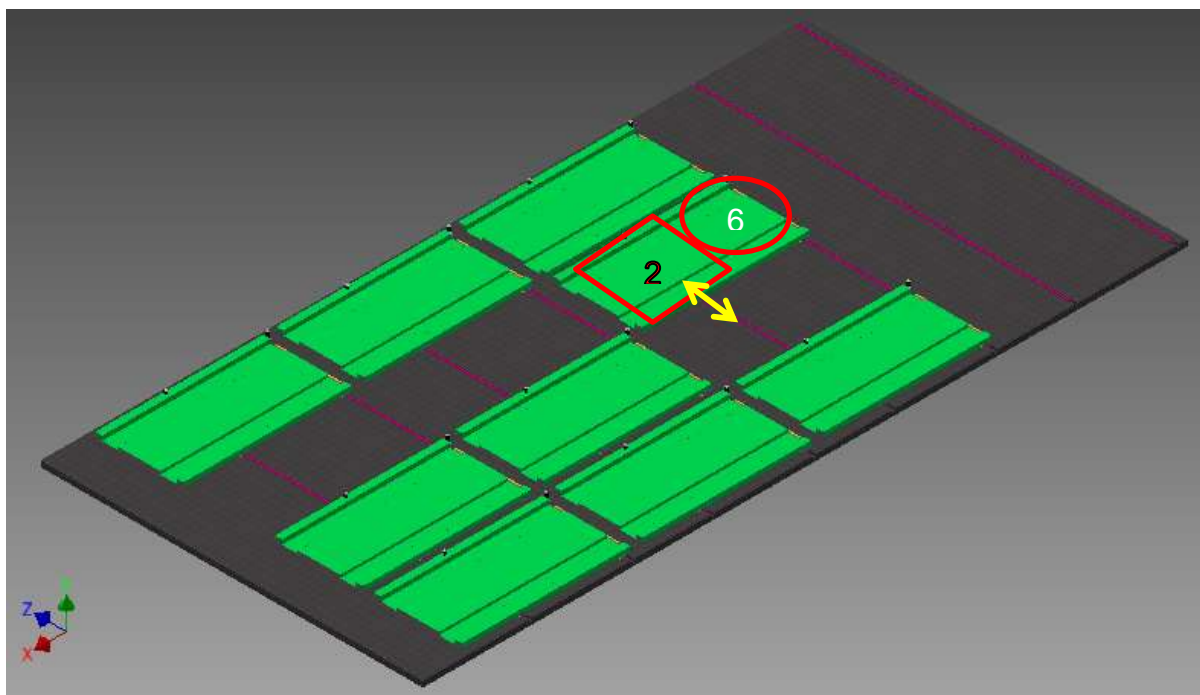


Figura Nro. 10: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 06.

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 07

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 07. Entonces para liberar la posición 07 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

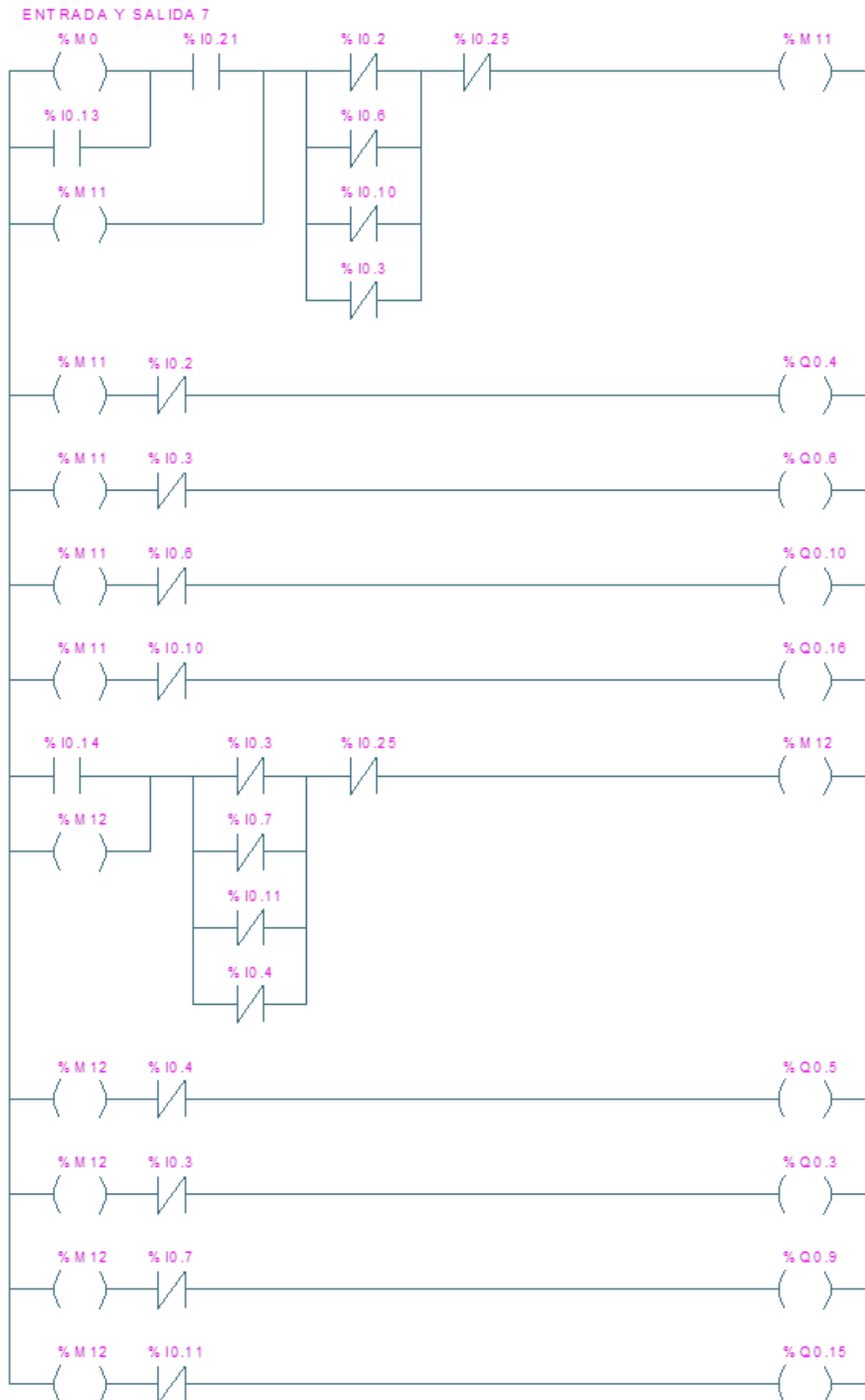


Figura Nro. 11: Algoritmo de la posición 7 incluyendo algoritmo de retorno.

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 2, 3, 5 y 8 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura Nro. 12.

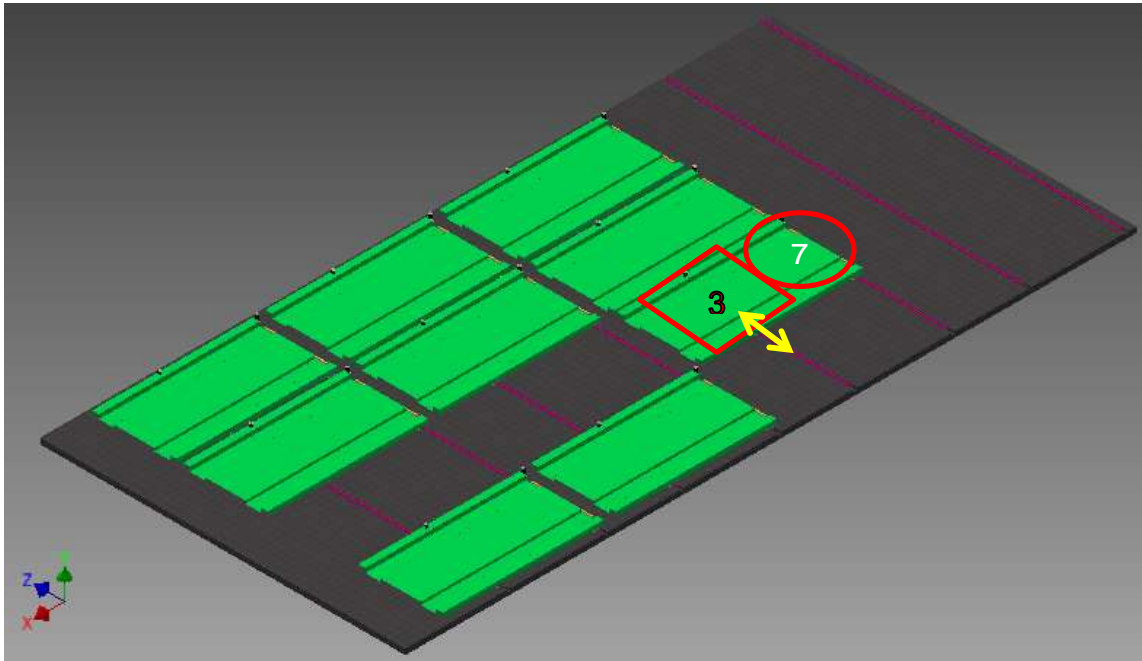


Figura Nro. 12: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 07.

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 08

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 08. Entonces para liberar la posición 08 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

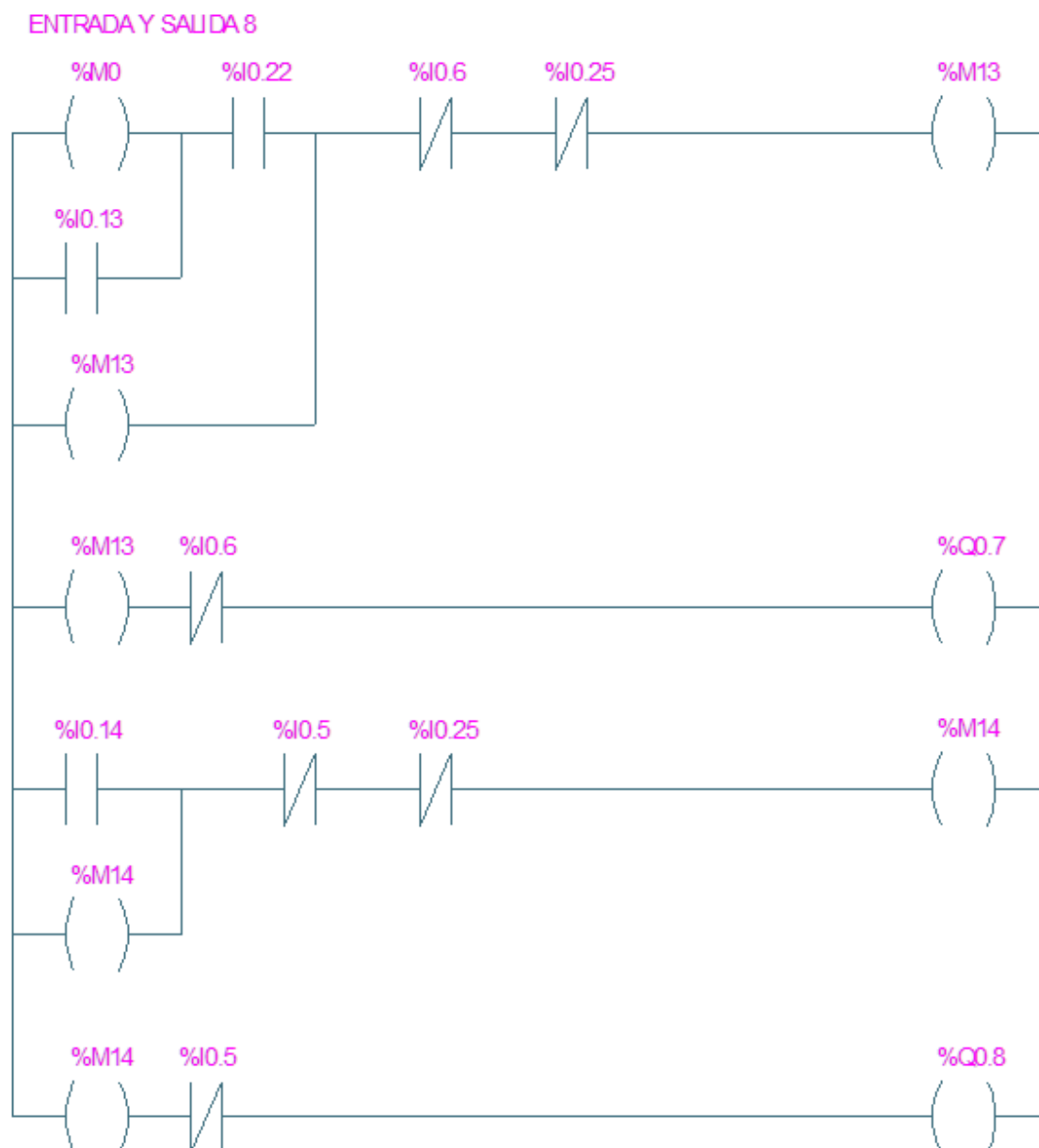


Figura Nro. 13: Algoritmo de la posición 8 incluyendo algoritmo de retorno.

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que la plataforma 4 se desplace y deje libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura N°14

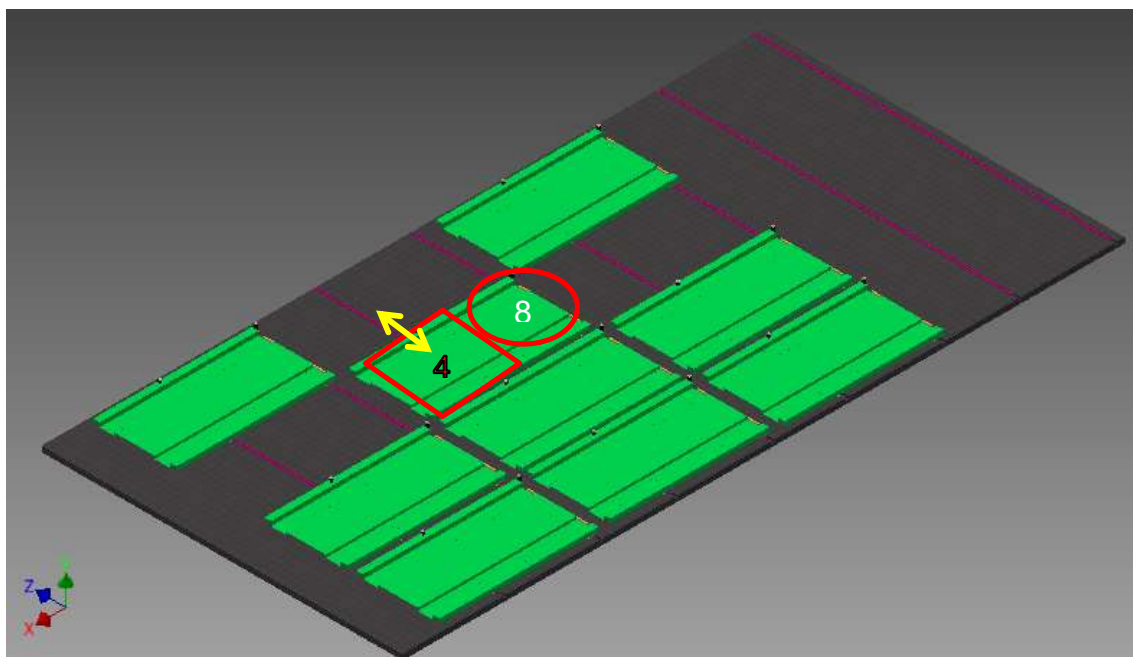


Figura Nro. 14: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 08.

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril, las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 09

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 09. Entonces para liberar la posición 09 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

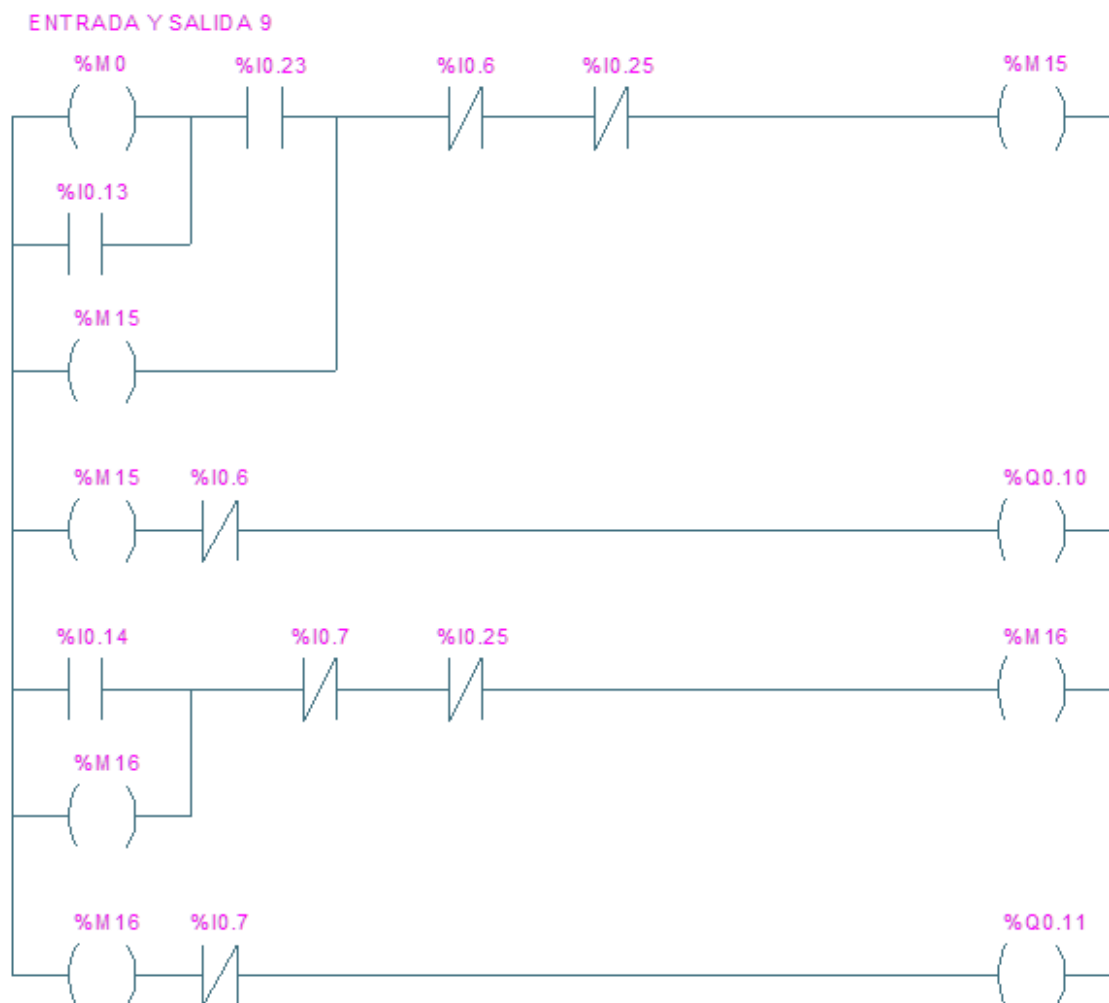


Figura Nro. 15: Algoritmo de la posición 9 incluyendo algoritmo de retorno.

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que la plataforma 5 se desplace y deje libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura N°16

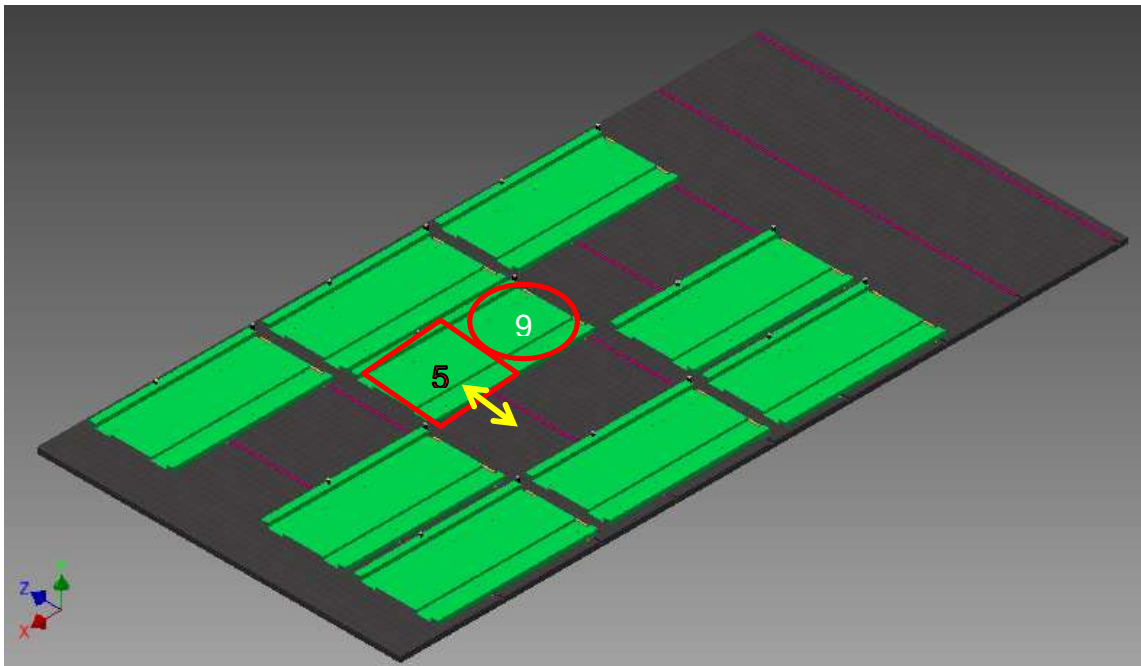


Figura Nro. 16: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 09.

Fuente: Propia – Inventor 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

Seguidamente después de librar el carril, las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)

Posición 10

La primera posición dará como resultado la salida y entrada de la unidad ubicada en el sitio 10. Entonces para liberar la posición 10 para la salida de la unidad vehicular, se tiene el siguiente algoritmo lógico.

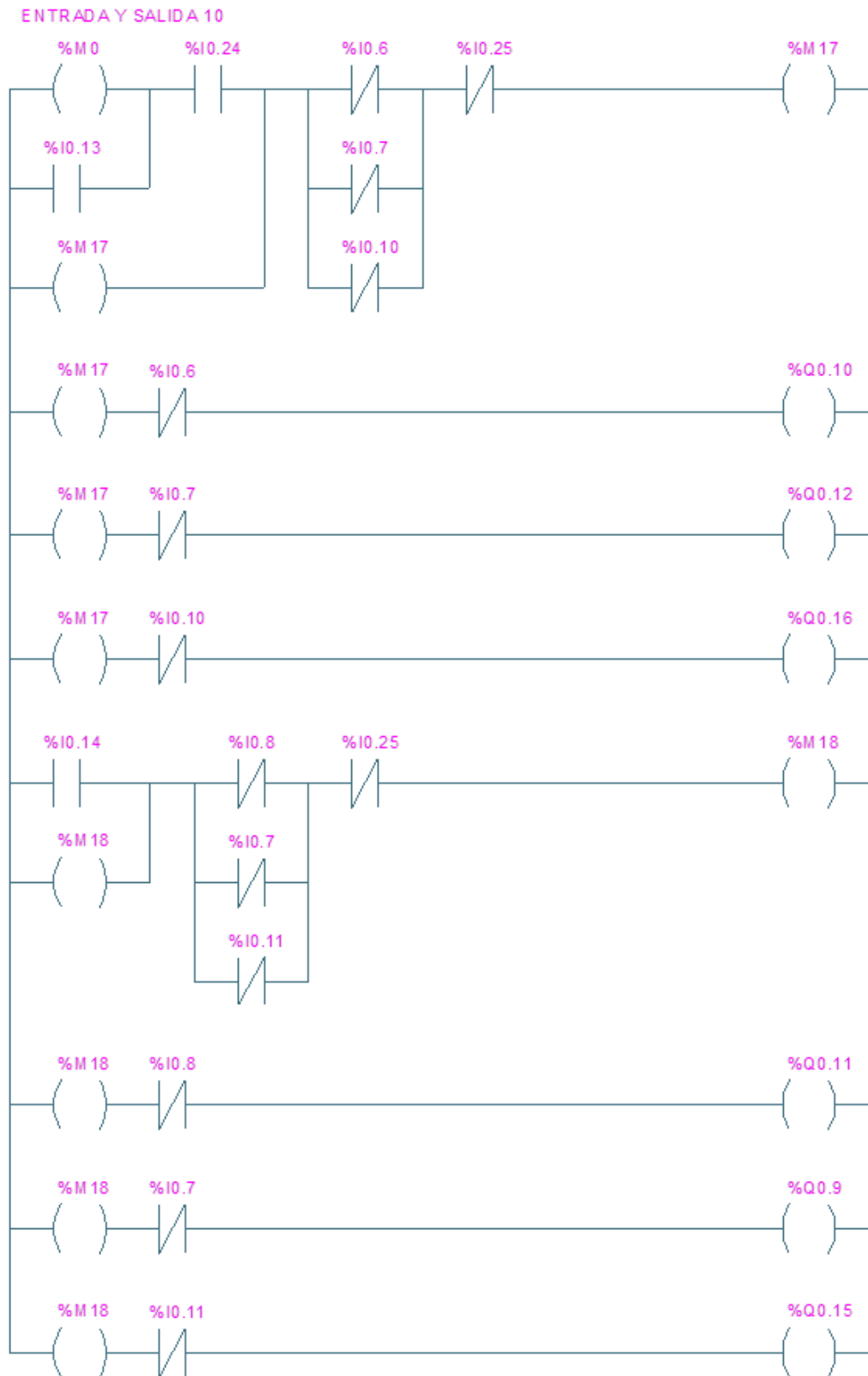


Figura Nro. 17: Algoritmo de la posición 10 incluyendo algoritmo de retorno.

Fuente: Propia – AutoCAD 2015

Autor: Mollepaza Taipe, Froy José

El algoritmo anterior dará la orden para que las plataformas 5, 6 y 8 se desplacen y dejen libre el carril de entrada y salida, como se muestra en las figura N°18.

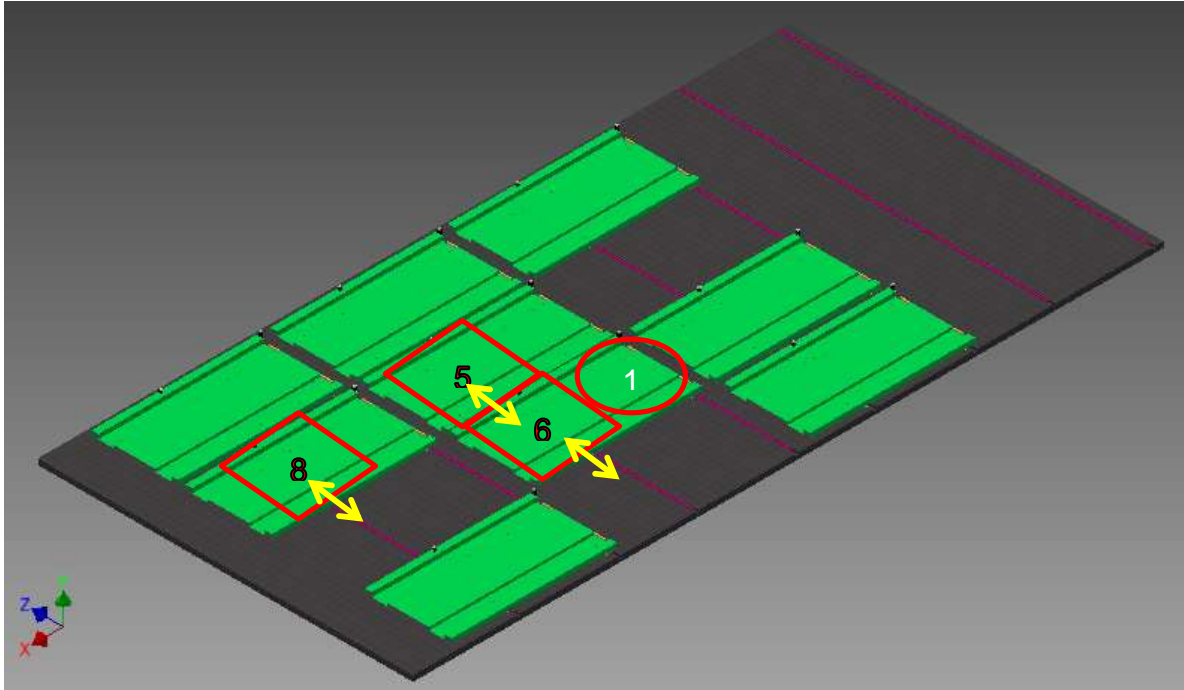
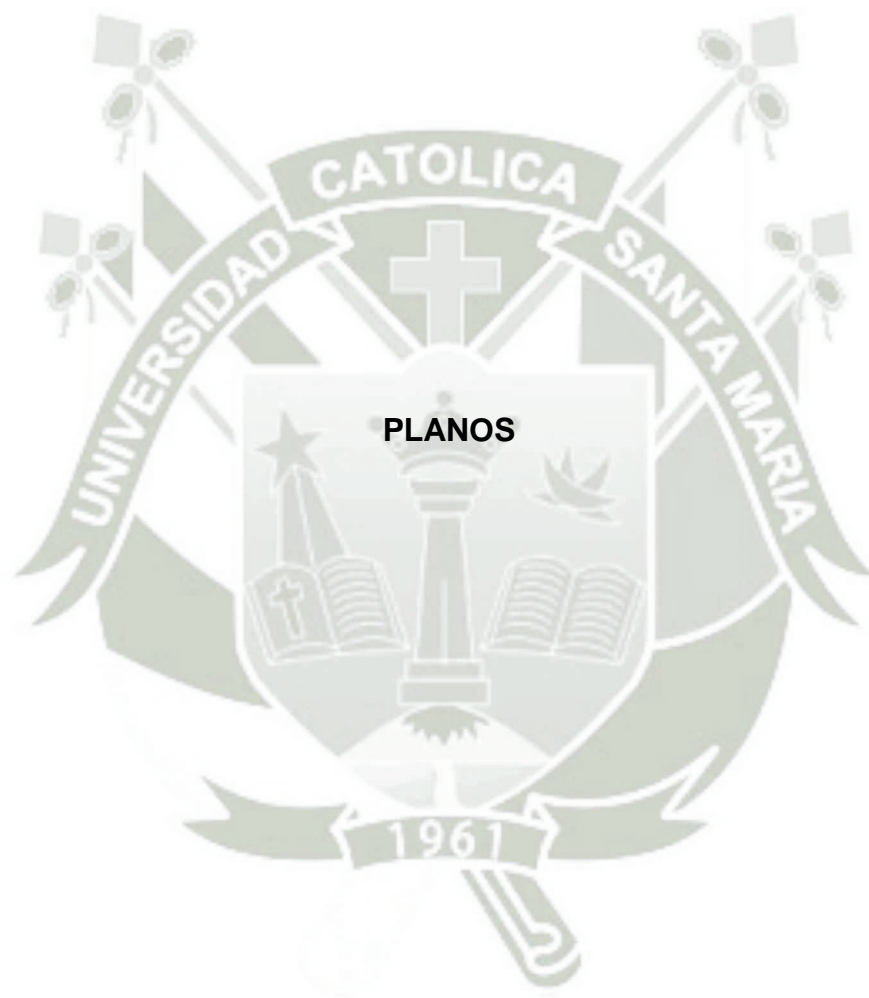


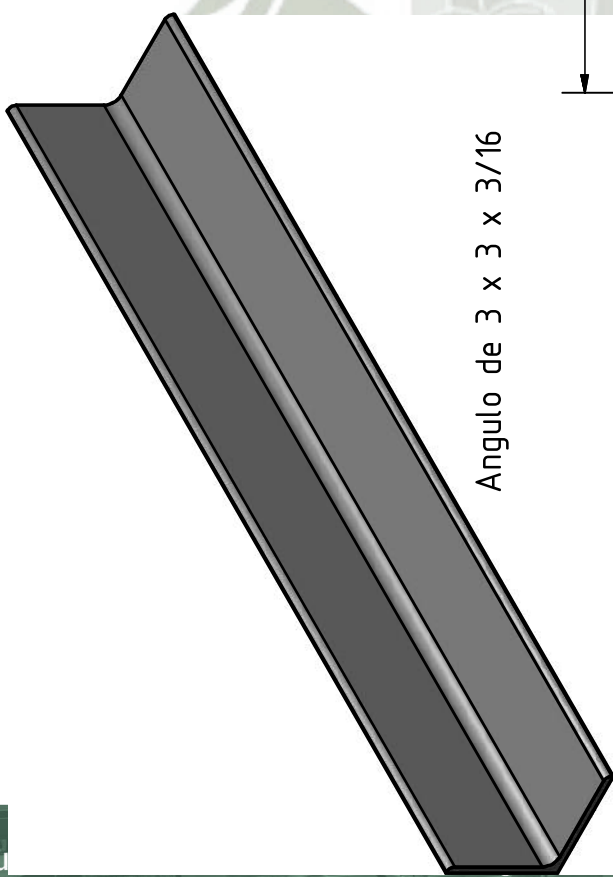
Figura Nro. 18: Habilitación del carril de entrada y salida de la posición 10.

Fuente: Propia – Inventor 2015

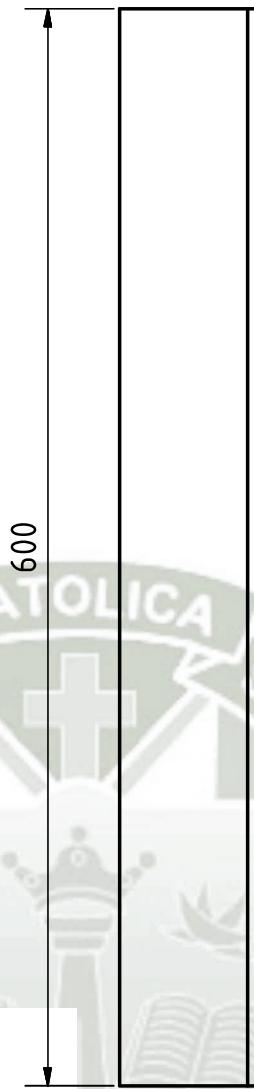
Autor: Mollepaza Taipei, Froy José

Seguidamente después de librar el carril, las plataformas regresaran a su posición estándar, pulsando el botón Standard o (%I0.14)





Angulo de 3 x 3 x 3/16

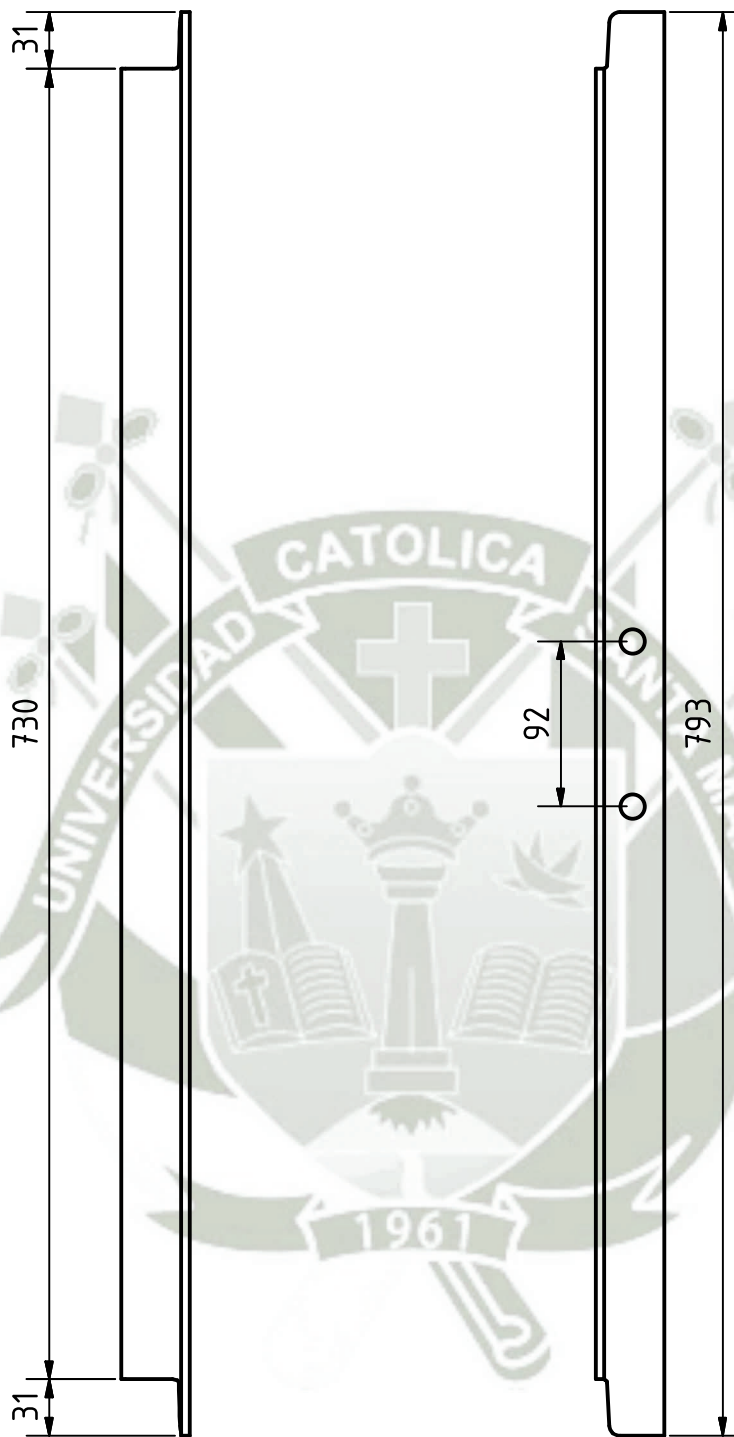


Angulo de refuerzo de la plancha de sacrificio

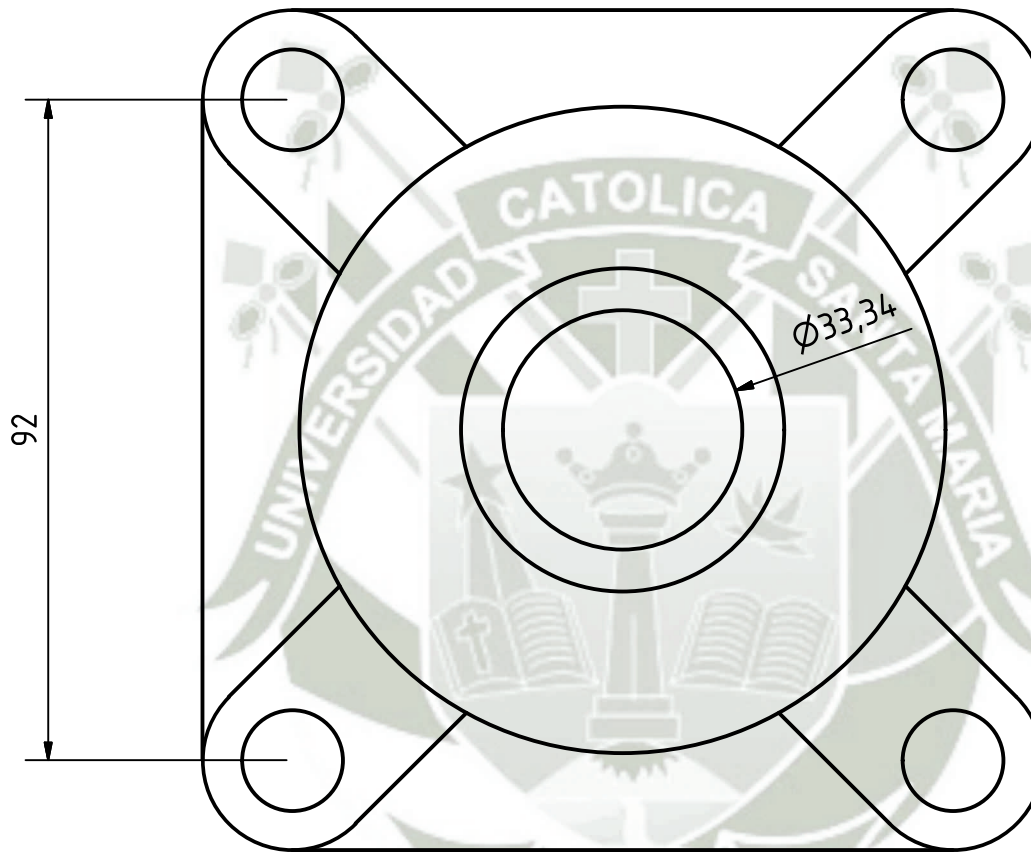
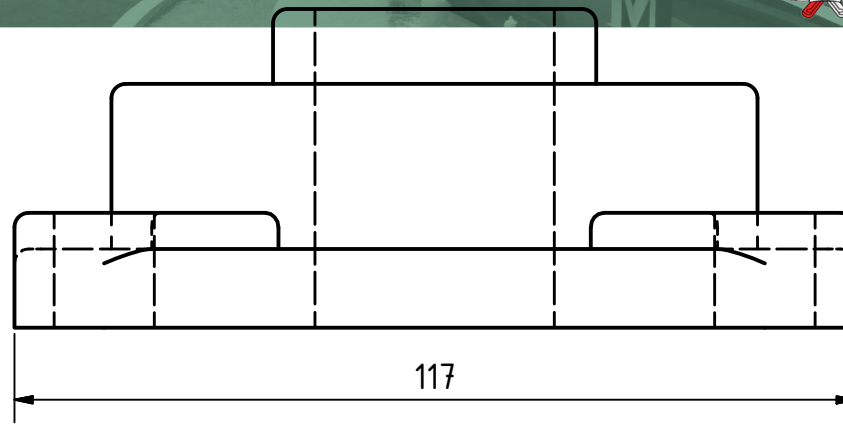
Drawn	Date	Name	
Checked	08/09/2016	Froy	
Standard			
Escala		Varios	
Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			
State	Changes	Date	Name

Angulos de soporte


Plataforma deslizante

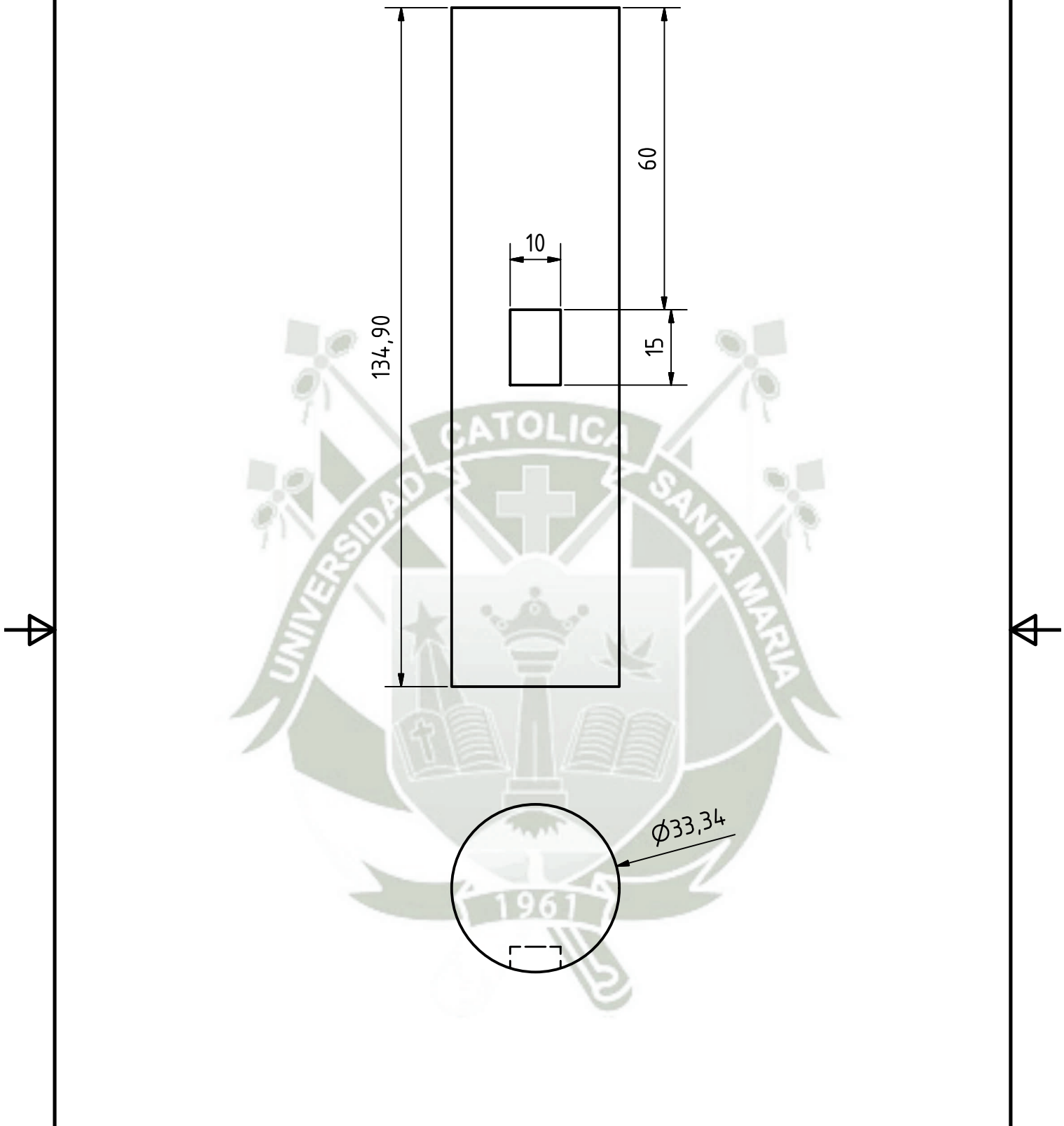



				Date	Name	Angulos de soporte de las tapas grandes
			Drawn	08/09/2016	Froy	
			Checked			
			Standard			
			Escala	Varios		Plataforma deslizante
			 Universidad Católica de Santa María			
			Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			7
						A4

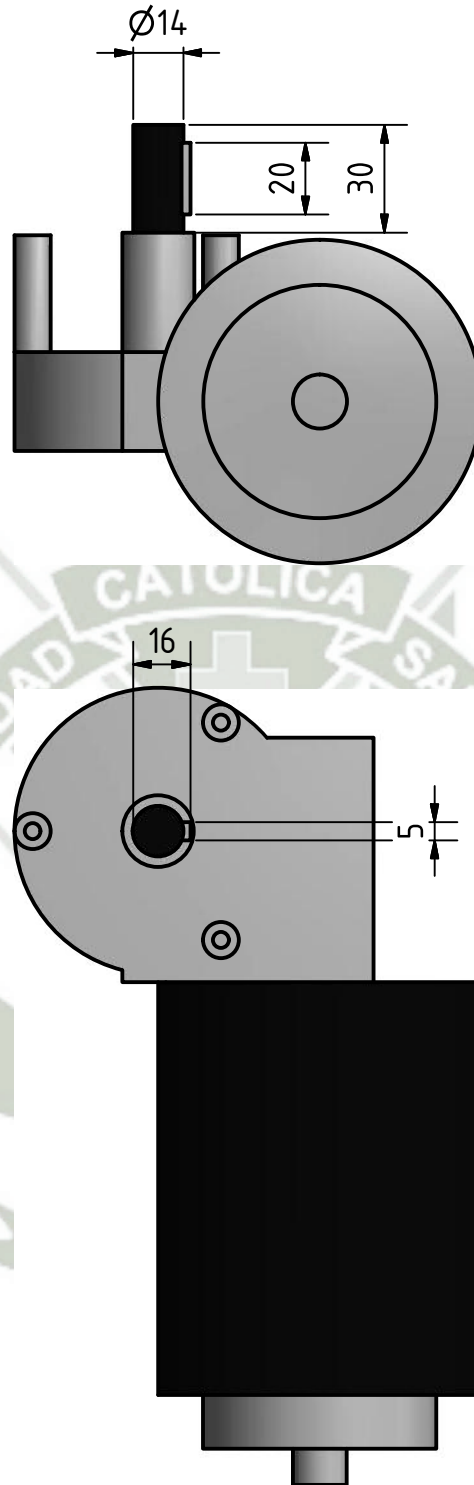


Chumacera cuadrada de diametro interno de 33.34mm

		Date	Name		
	Drawn	08/09/2016	Froy	Chumacera de rueda	
	Checked				
	Standard				
		Escala	Varios		
		 Universidad Católica de Santa María		Plataforma deslizante	
		Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		8	
				A4	

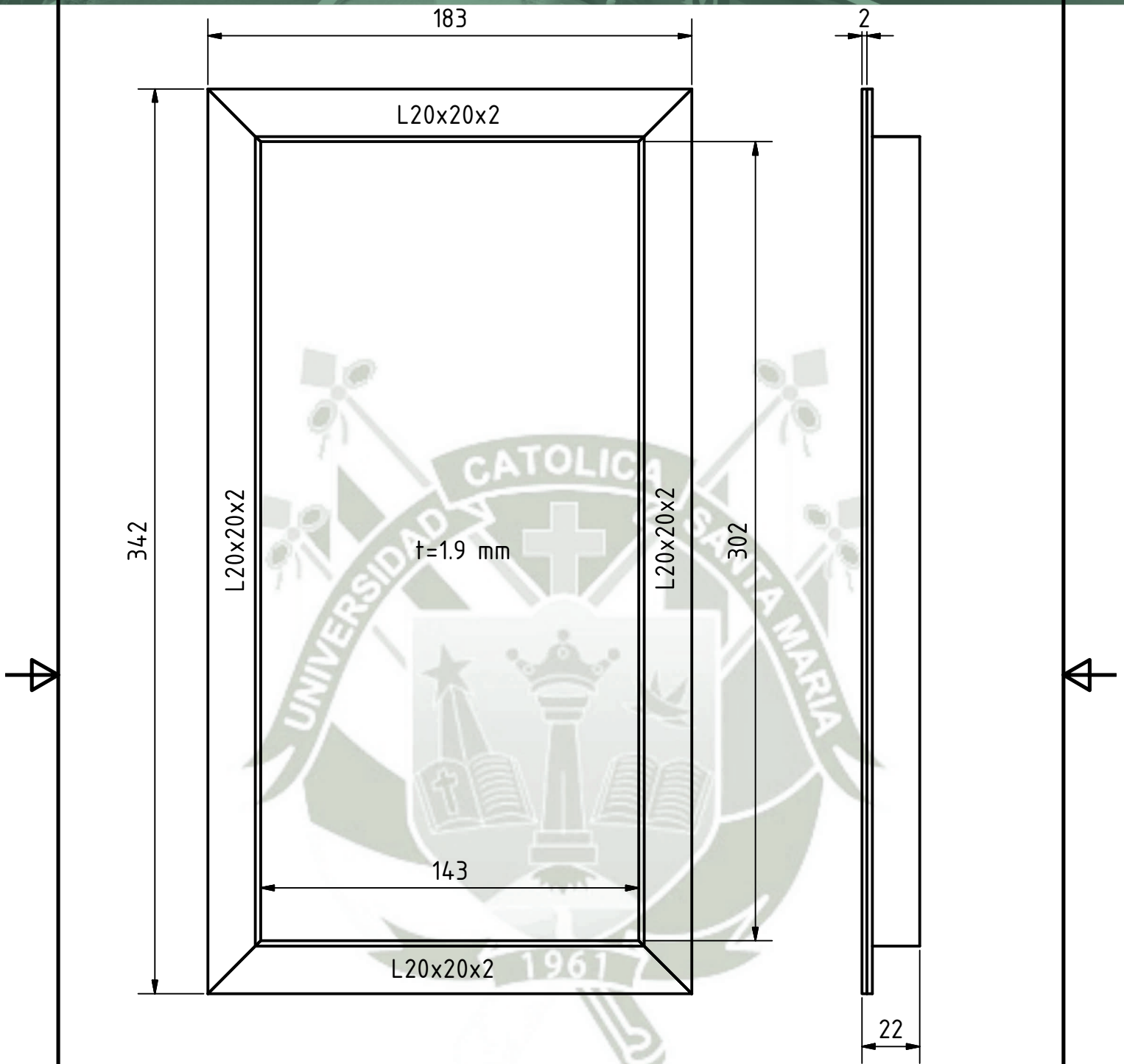



		Date	Name			
		Drawn	08/09/2016	Froy	Eje de rueda	
		Checked				
		Standard				
		Escala	Varios			
		 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			Plataforma deslizante	9
						A4

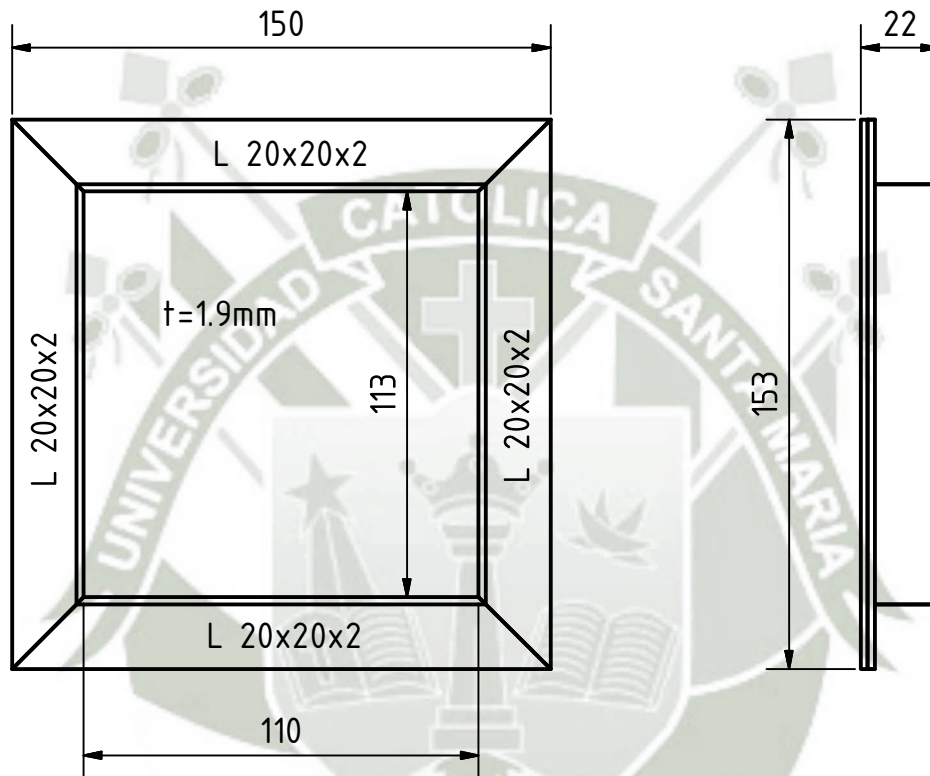


Motoreductor de 24 Voltios; 4-5 Amp

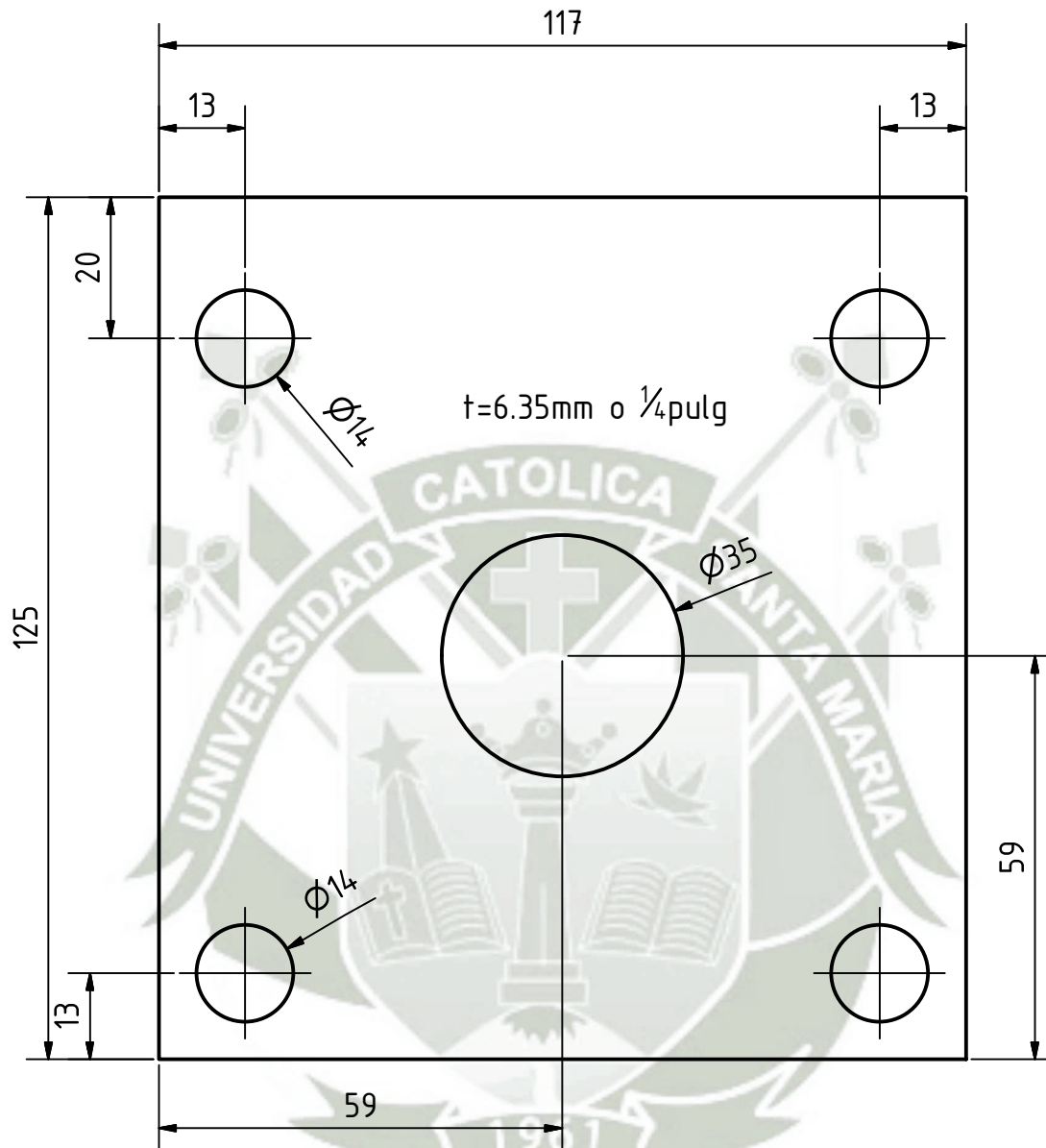
				Date	Name	Motoreductor de rueda
			Drawn	08/09/2016	Froy	
			Checked			
			Standard			
				Escala	Varios	Plataforma deslizante
				Universidad Católica de Santa María		10
				Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		A4



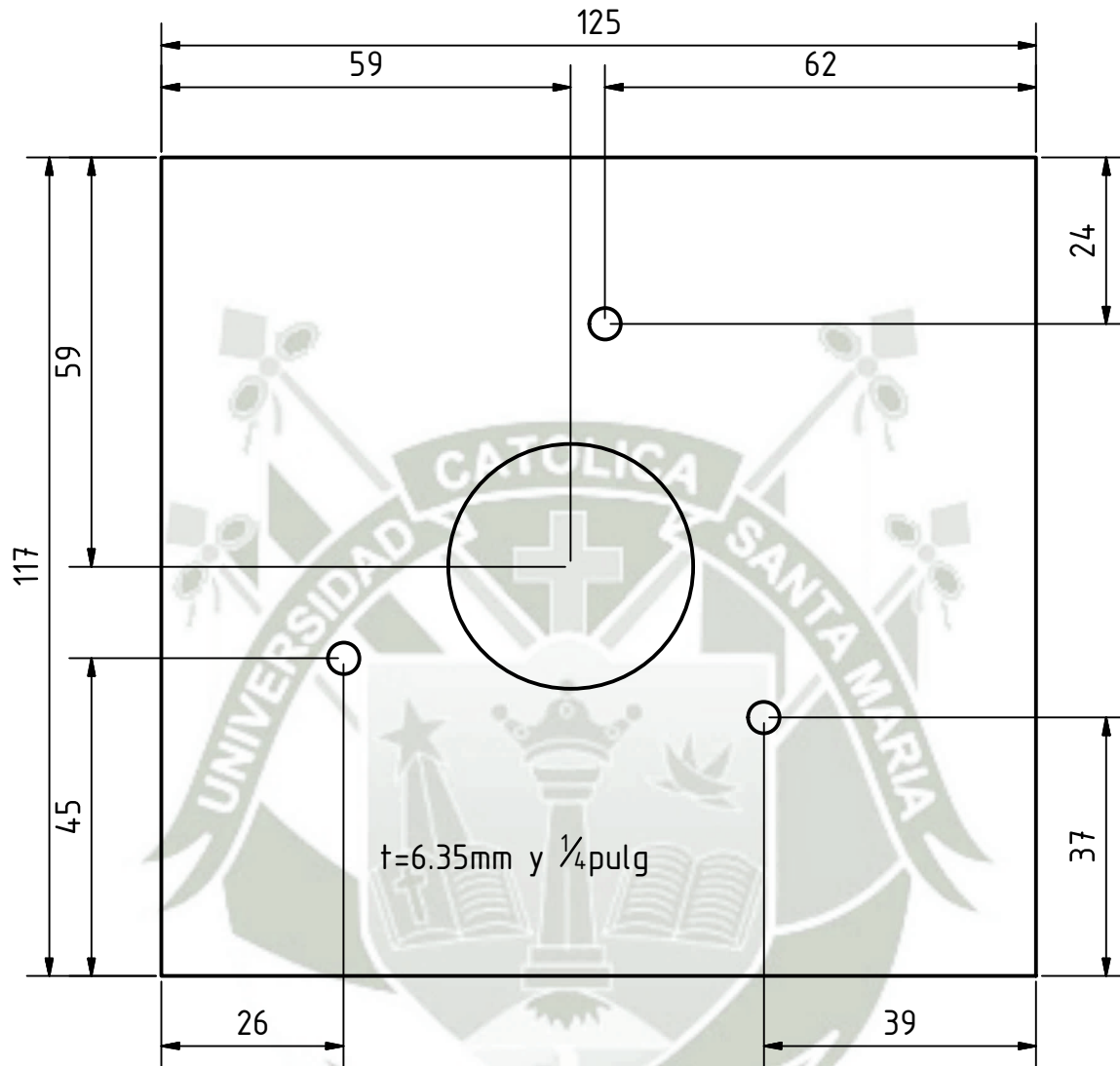
		Date	Name	Tapa Grande de la plataforma
Drawn	08/09/2016	Froy		
Checked				
Standard				
		Escala	Varios	Plataforma deslizante
		 Universidad Católica de Santa María		
				11
				A4



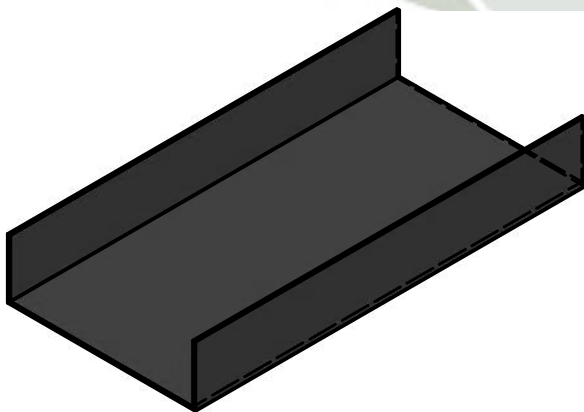
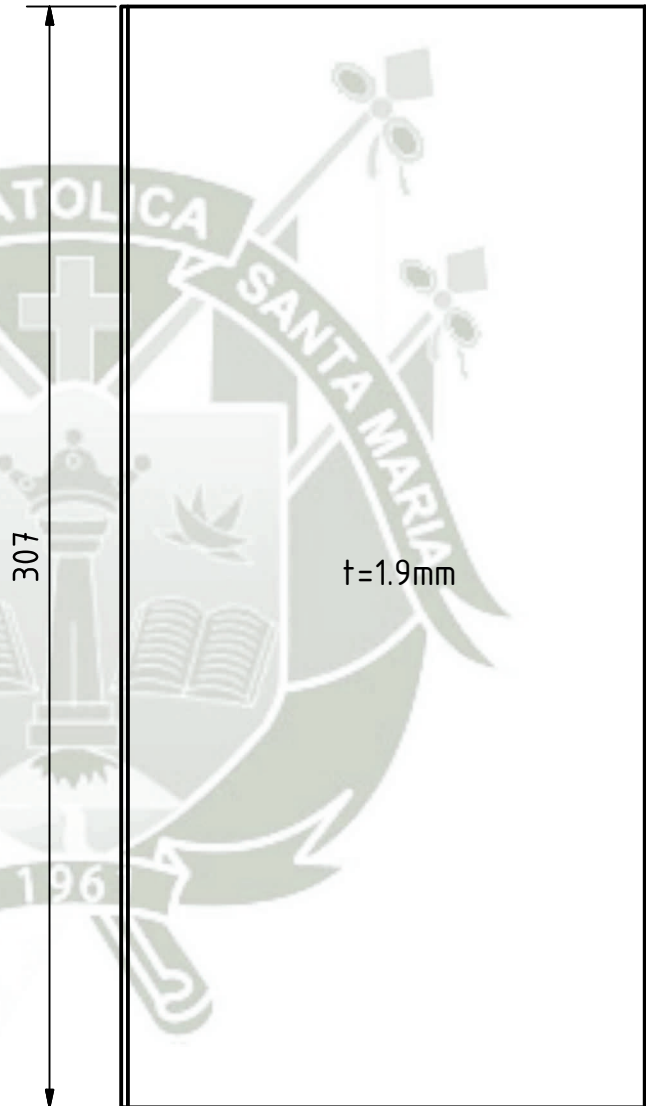
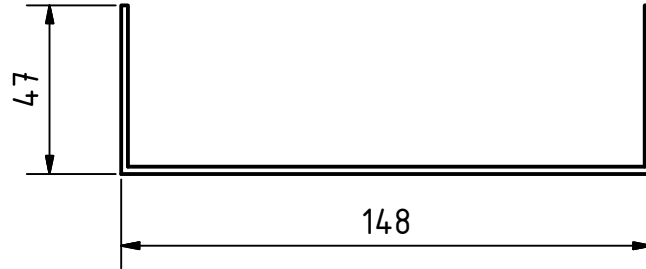
		Date	Name	Tapa pequeña de la plataforma
Drawn	08/09/2016	Froy		
Checked				
Standard				
		Escala	Varios	Plataforma deslizante
		 Universidad Católica de Santa María		
				12
				A4



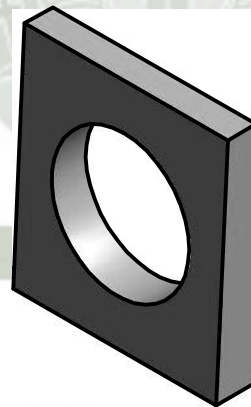
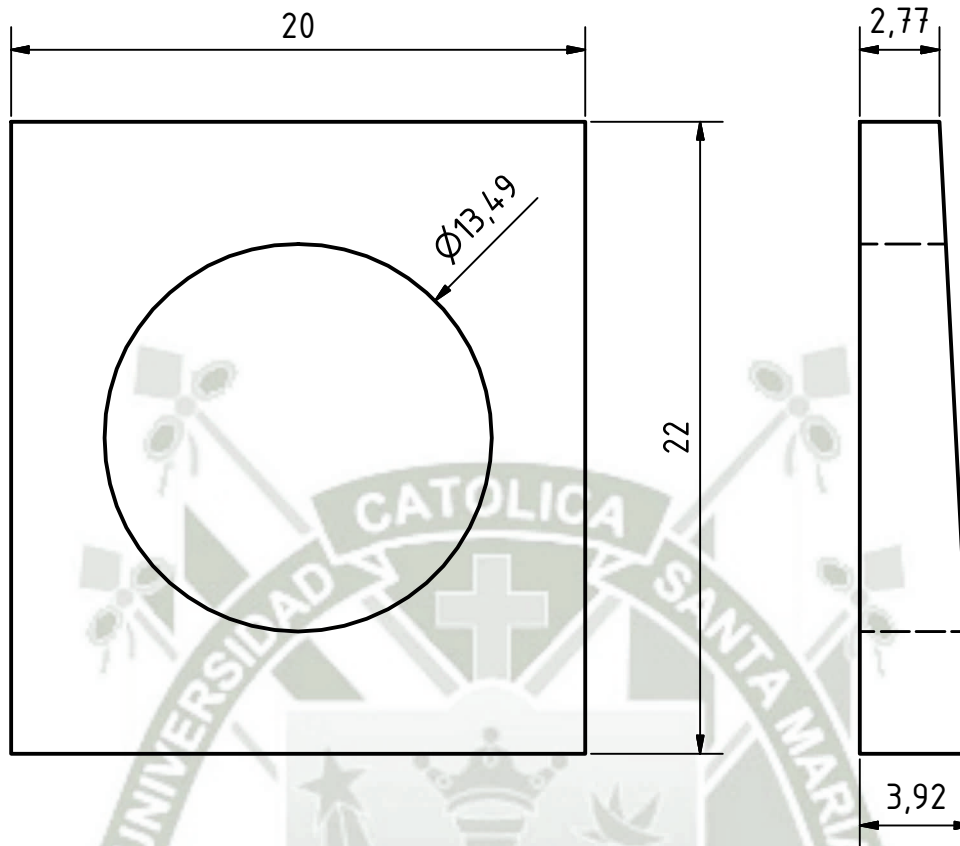
		Date	Name		
	Drawn	08/09/2016	Froy	Platina de soporte de chumacera	
	Checked				
	Standard				
		Escala	Varios		
		 Universidad Católica de Santa María		Plataforma deslizante	
				13	
				A4	



		Date	Name	Platina de soporte de motor
Drawn	08/09/2016	Froy		
Checked				
Standard				
		Escala	Varios	Plataforma deslizante
		 Universidad Católica de Santa María		
				14
				A4



		Date	Name		
	Drawn	08/09/2016	Froy	Platina de soporte de baterias	
	Checked				
	Standard				
		Escala	Varios		
		Universidad Católica de Santa María		Plataforma deslizante	15
		Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			A4



		Date	Name			
	Drawn	08/09/2016	Froy	Arandela conica		
	Checked					
	Standard					
		Escala	Varios			
				Universidad Católica de Santa María	Plataforma deslizante	16
				Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		A4

