



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO,
SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA GRÚA Y UN
MECANISMO DE EXTRACCIÓN PARA EXTRAER LA
ESCORIA DEL ACERO PROCESADO, PARA EL TREN
AUTOMÁTICO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA
NOVACERO S.A. PLANTA LASSO”.**

**PROYECTO DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

AUTOR: JUAN VICENTE LAGLA CHUQUITARCO

**DIRECTOR DE TESIS: ING. HECTOR RAÚL REINOSO
PEÑAHERRERA**

LATACUNGA, DICIEMBRE - 2010

AUTORÍA

El autor certifica que la investigación, redacción y propuesta del presente trabajo son de exclusiva autoría.

Juan Vicente Lagla Chuqitarco

050263366-2

CERTIFICACIÓN

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el capítulo IV, (art.9 literal f), del reglamento del curso profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que el postulante: JUAN VICENTE LAGLA CHUQUITARCO, han desarrollado su tesis de grado de acuerdo al planteamiento formulado en el plan de tesis con el tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE ACERO, SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA GRÚA Y UN MECANISMO DE EXTRACCIÓN PARA EXTRAER LA ESCORIA DEL ACERO PROCESADO, PARA EL TREN AUTOMATICO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO.”, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electromecánico.

En virtud de lo antes expuesto considero que la presente tesis se encuentra habilitada para presentarse al acto de la defensa de tesis.

Ing. Raúl Reinoso Peñaherrera

050215089-9

Director de tesis.

INDICE

Pág.

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo I.....	5
1.1 Conformado mecánico.....	5
1.1.1 Clasificación de los procesos de conformado.....	5
1.2 Laminación en caliente.....	7
1.2.1 Proceso de fabricación para perfiles laminados.....	7
1.2.1.1 Preparación de la materia prima.....	8
1.2.1.2 Calentamiento del acero.....	9
1.2.1.3 Laminación.....	10
1) Sistema de alimentación de agua.....	11
2) Sistema de recolección de agua residuales.....	11
3) Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	12
1.2.1.4 Enfriamiento del producto.....	14
1.2.1.5 Terminado del producto final.....	15
1.3 Mecanismos para el manejo de materiales industriales.....	15
1.3.1 Clasificación de los mecanismos para el manejo de materiales.....	16
1.3.1.1 Las pinzas.....	16
1.3.1.2 Los pulpos.....	16
1.3.1.3 Los electroimanes.....	16
1.3.1.4 Las cucharas.....	17
1) Clasificación de la cucharas.....	17
1.3.2 Accionamiento de los mecanismos.....	19
1.3.2.1 Sistema mecánico.....	19
1.3.2.2 Sistema hidráulico.....	20
1.3.2.3 Sistema electrohidráulico.....	21
1.3.3 Tipos de control de los mecanismos.....	21
1.3.3.1 Electromatic.....	22
1.3.3.2 Radiomatic.....	22

1.3.3.3 Electtrorevers.....	22
1.3.4 Selección de mecanismos para el manejo de materiales.....	23
1.3.4.1 Tipo de material a manejar.....	23
1.3.4.2 Tipo de mecanismo.....	23
1.3.4.3 Capacidad del mecanismo.....	23
1.3.4.4 Tamaño de área o espacio disponible.....	24
1.3.4.5 Tensión de alimentación eléctrica.....	24
1.3.4.6 Tipo de control.....	24
1.4 Estructuras metálicas.....	24
1.4.1 Clasificación de las estructuras metálicas.....	25
1.4.2 Pórticos metálicos.....	26
1.4.2.1 Clasificación de los pórticos.....	27
1) Pórticos triarticulados.....	27
2) Pórticos poligonales.....	28
3) Pórticos de marco.....	29
4) Pórticos de grúa.....	29
1.4.3 Los puentes grúas.....	30
1.4.3.1 Clasificación de los puentes grúas.....	30
1.4.3.2 Elementos de los puente grúas.....	31
1) La Estructura de acero.....	31
2) Viga riel.....	33
3) Polipastos eléctricos.....	33
1.4.3.3 Selección del sistema de elevación.....	35
1) Grado de movimiento.....	35
2) Capacidad.....	35
3) Tipo de viga riel.....	36
4) Velocidad.....	36
5) Alimentación eléctrica.....	36
6) Longitud de izamiento.....	36
7) Tipo de control.....	36
1.5 Análisis de los pórticos metálicos.....	37
1.5.1 Determinación de cargas de trabajo.....	37

1.5.2	Equilibrio de un cuerpo rígido.....	38
1.5.3	Momentos en un punto o eje.....	38
1.5.4	Esfuerzas cortantes y momentos flexionante en vigas.....	39
1.5.5	Esfuerzo normal en elementos estructural.....	40
1.5.6	Resistencia del material.....	41
1.5.7	Esfuerzo permisible.....	41
1.5.8	Cargas admisibles.....	42
1.5.9	Esfuerzo normal por flexión en vigas.....	42
1.5.9.1	Módulo de sección.....	43
1.5.9.2	Momento de inercia.....	43
1.5.10	Centros de gravedad.....	44
1.5.11	Dimensionamiento del tamaño de elementos.....	45
1.5.12	Fórmulas para el diseño de columnas.....	45
1.5.12.1	Longitud efectiva de columnas.....	46
1.5.11.1	Relación de esbeltez real.....	46
1.5.11.2	Relación de esbeltez crítica.....	47
1.5.11.3	Esfuerzo permisible de compresión para columnas.....	47
1.6	Materiales estructurales.....	48
1.6.1	Aceros Estructurales Convencionales.....	49
1.6.2	Aceros Estructurales de Alto Rendimiento.....	49
1.7	Sistemas de uniones.....	50
1.7.1	La Soldadura.....	51
1.7.1.1	Proceso de Soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding).....	52
1.7.1.2	Proceso de Soldadura SAW (Submerged Arc Welding).....	53
1.7.1.3	Proceso de Soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding).....	54
1)	Sistema MIG (Metal Inert Gas).....	54
2)	Sistema MAG (Metal Active Gas).....	55
1.7.1.4	Proceso de soldadura PAW (Plasm Arc Welding).....	55
1.7.2	Tipo de juntas.....	56
1.7.2.1	Junta de tipo filete.....	56
1.7.2.2	Junta de tipo tope.....	57
1.7.2.3	Junta de tipo tope con bisel.....	57

1.7.3 Electrodo para soldar.....	58
1.7.4 Análisis del tamaño de la soldadura.....	61
1.7.4.1 Esfuerzo cortante permisible para soldadura.....	62
1.7.4.2 Tamaño de soldadura.....	62
1.7.4.3 Factorización de los esfuerzos en la soldadura debido a la carga.....	63
1.7.4.4 Area, módulo de sección y momentos de soldadura.....	64
1.7.4.5 Longitud de la Soldadura.....	64
1.8 Cimentación para estructuras.....	65
1.8.1 Placas bases.....	65
1.8.2 Análisis de conexión de la placa base y columna.....	66
1.8.2.1 Area de la placa base y el pedestal.....	66
1.8.2.2 Altura y ancho de la placa base.....	67
1.8.2.3 Esfuerzo real de presión sobre el pedestal.....	68
1.8.2.4 Espesor de la placa base.....	68
1.9 Atiesadores y placas de conexión.....	69
1.9.1 Atiesador de asiento.....	69
1.9.1.1 Dimensionamiento del Atiesador.....	70
1.9.2 Placas superiores.....	71
1.9.2.1 Dimensionamiento de placas superiores.....	71
1.10 Sistema eléctrico.....	73
1.10.1 Motores eléctricos.....	73
1.10.1.1 Motores asíncronos jaula de ardilla.....	74
1.10.1.2 Principio de funcionamiento del motor asíncrono jaula de ardilla.....	74
1.10.1.3 Conexiones de los motores asíncronos jaula de ardilla.....	75
1) Conexión estrella “Y”.....	76
2) Conexión triangulo “Δ”.....	76
1.10.1.4 Sentido de giro motores asíncronos jaula de ardilla.....	77
1.10.2 Circuito eléctrico para motores trifásicos.....	78
1.10.2.1 Elementos interruptores tripolares.....	78
1) Los Disyuntores magnetotérmicos o breaker.....	78
2) Selección de los breakers.....	79
1.10.2.2 Elementos de protección de sobrecarga.....	80

1) El Relé térmico.....	80
2) Guardamotor.....	80
3) Selección del guardamotor.....	81
1.10.2.3 Elementos de maniobra.....	82
1) El Contactor.....	82
2) Funcionamiento.....	82
3) Selección de los contactores.....	83
1.10.3 Conductores eléctricos.....	85
1.10.3.1 Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	85
Capítulo II.....	88
2.1 Caracterización de la industria “Novacero S.A. planta Lasso”.....	88
2.2 Planteamiento del problema.....	89
2.3 Diseño de la investigación.....	91
2.4 Población y muestra.....	92
2.5 Técnicas e instrumentos.....	92
2.5.1 Entrevista.....	92
2.6 Análisis de las entrevistas.....	93
2.7 Conclusiones del análisis de las entrevistas.....	95
Capítulo III.....	96
3.1 Nombre de la propuesta.....	96
3.2 Presentación.....	96
3.3 Formulación del problema.....	96
3.4 Justificación.....	97
3.5 Objetivos.....	100
3.6 Factibilidad.....	101
3.7 Impacto.....	101
3.8 Operacionalización de variables.....	102
3.9 Desarrollo de la propuesta.....	103
3.9.1 Selección del mecanismo para manejo de escoria.....	104
3.9.1.1 Tipo de material a manejar.....	105
3.9.1.2 Tipo de mecanismo.....	105

3.9.1.3 Capacidad del mecanismo.....	105
3.9.1.4 Tamaño de área o espacio disponible.....	106
3.9.1.5 Tensión de alimentación eléctrica.....	106
3.9.1.6 Tipo funcionamiento o control.....	106
3.9.2 Selección del sistema de elevación.....	107
3.9.2.1 Grado de movimiento.....	107
3.9.2.2 Capacidad.....	107
3.9.2.3 Tipo de viga riel.....	108
3.9.2.4 Velocidad	108
3.9.2.5 Alimentación eléctrica.....	108
3.9.2.6 Longitud de izamiento.....	108
3.9.2.7 Tipo de control del Polipasto.....	109
3.9.3 Cálculo preliminar de los elementos de la estructura de acero.....	109
3.9.3.1 Cálculo de la viga riel.....	110
3.9.3.2 Cálculo de la viga del pórtico.....	115
3.9.3.3 Cálculo de la columna del pórtico.....	119
3.9.3.4 Cálculo de la vigueta del pie de amigo, viguetas inferiores del pórtico y los contravientos laterales.....	126
3.9.3.5 Cálculo de los contravientos superiores.....	130
3.9.3.6 Cálculo de la placa base.....	133
3.9.3.7 Cálculo de la soldadura para unir la placa base y la columna.....	138
3.9.3.8 Cálculo de la soldadura para unión de la columna y vigas.....	140
3.9.3.9 Cálculo de atiesadores para la conexión.....	144
3.9.3.10 Cálculo de las placas superiores.....	147
3.9.4 Selección de componentes para el sistema de eléctrico control.....	152
3.9.4.1 Selección de los breakers.....	152
3.9.4.2 Selección del guardamotor.....	154
3.9.4.3 Selección de los contactores.....	155
3.9.4.4 Selección de mini relés.....	157
3.9.4.5 Selección de la pulsadores.....	158
3.9.4.6 Selección del sensor de nivel de escoria.....	159
3.9.4.7 Selección de gabinetes para los circuitos eléctricos.....	159

3.9.4.8 Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	160
3.9.5 Proceso de construcción de los elementos de la estructura metálica.....	162
3.9.5.1 Construcción de los perfiles W.....	162
3.9.5.2 Construcción de los perfiles T.....	164
3.9.5.3 Construcción de los nervios estructurales.....	164
3.9.5.4 Construcción de las placas bases, placas superiores, placas rigidizadores y placas de tope.....	165
3.9.6 Montaje de la estructura de metálica.....	165
3.9.7 Instalación del polipasto eléctrico y la cuchara electrohidráulica.....	171
3.9.8 Diseño y construcción del sistema eléctrico.....	173
3.9.8.1 Características eléctricas del tablero.....	173
3.9.8.2 Construcción del tablero de acometida y distribución.....	173
3.9.8.3 Construcción del tablero de control de la cuchara electrohidráulica.....	174
3.9.8.4 Construcción del tablero de enlace.....	176
3.9.8.5 Construcción del tablero de control de nivel del tanque scale pitt.....	176
Conclusiones y recomendaciones.....	178
Bibliografía.....	180
Anexos	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Clasificación de los procesos de fabricación.....	6
Figura 1.2: Secuencia del proceso de laminación en caliente para la fabricación de perfiles de acero.....	8
Figura 1.3: Preparación de la materia prima.....	9
Figura 1.4: Horno de precalentamiento.....	9
Figura 1.5: Efecto del conformado en caliente de la palanquilla.....	10
Figura 1.6: Tren continuo de laminación.....	11
Figura 1.7: Diagrama de procesos para refrigerar y tratar las aguas residuales, en el proceso de laminación en caliente de la industria Novacero.....	13
Figura 1.8: Mesa de enfriamiento.....	15
Figura 1.9: Cucharas hidráulicas con cilindros horizontales.....	18
Figura 1.10: Cucharas hidráulicas con cilindros verticales.....	18

Figura 1.11: Cucharas hidráulica y electrohidráulica con cilindros semiverticales.....	19
Figura 1.12: Cucharas Euromec accionando por sistema mecánico.....	20
Figura 1.13: Mecanismo accionado por sistema hidráulico.....	20
Figura 1.14: Cuchara accionado por sistema electrohidráulico.....	21
Figura 1.15: Clasificación de las estructuras metálicas.....	26
Figura 1.16: Pórtico triarticulados a dos aguas.....	28
Figura 1.17: Pórtico poligonal rectangular.....	28
Figura 1.18: Pórtico de marco de nodos rígidos.....	29
Figura 1.19: Estructura de un puente grúa con sus partes principales.....	30
Figura 1.20: Clasificación de las grúas según el grado de movimiento.....	31
Figura 1.21: Vigas expuestas a cargas concentradas y distribuidas.....	32
Figura 1.22: Polipasto eléctrico para puente grúa birriel.....	34
Figura 1.23: Representación de fuerzas cortantes y momento flexionante.....	40
Figura 1.24: Tipos de uniones para estructuras y maquinas.....	51
Figura 1.25: Elementos del proceso de soldadura por arco metálico protegido...	52
Figura 1.26: Elementos del proceso de soldadura de arco sumergido.....	53
Figura 1.27: Elementos del sistema de soldadura MIG.....	54
Figura 1.28: Elementos de corte del plasma.....	55
Figura 1.29: Unión soldada de tipo filete.....	57
Figura 1.30: Unión soldada de tipo junta.....	57
Figura 1.31: Junta soldada de tipo tope con bisel.....	58
Figura 1.32: Clasificación general de las normas AWS.....	59
Figura 1.33: Identificación de los Electrodos para proceso SMAW y GMAW...	60
Figura 1.34: Representación de una cimentación y placa base.....	66
Figura 1.35: Representación de un nervio estructural.....	69
Figura 1.36: Representación de la placa superior de conexión.....	71
Figura 1.37: Motor asíncrono jaula de ardilla.....	74
Figura 1.38: Principio de funcionamiento de un motor asincrónico jaula de ardilla.....	75
Figura 1.39: Conexión en estrella.....	76
Figura 1.40: Conexión en triángulo.....	77

Figura 1.41: Inversión del sentido de giro de motor jaula de ardilla.....	77
Figura 1.42: Partes principales de un contactor.....	82
Figura 1.43: Posiciones de funcionamiento del contactor.....	83
Figura 1.44: Elementos de un conductor eléctrico (cable).....	85
Figura 3.1: Diagrama de flujo de los equipos y elementos que conforman el sistema de extracción.....	104
Figura 3.2: Bosquejo general del sistema de extracción de escoria.....	110
Figura 3.3: Diagrama de esfuerzos en la viga riel.....	112
Figura 3.4: Sección transversal de la viga riel seleccionada.....	114
Figura 3.5: Diagrama de esfuerzos en la viga del pórtico.....	116
Figura 3.6: Sección transversal de la viga del pórtico seleccionado.....	118
Figura 3.7: Diagrama de análisis de esfuerzos en tres situaciones.....	121
Figura 3.8: Representación de cargas y reacciones en la columna del pórtico...	121
Figura 3.9: Diagrama de esfuerzos del pórtico.....	127
Figura 3.10: Diagrama de esfuerzos en los contravientos.....	131
Figura 3.11: Bosquejo general de la placa base y columna.....	133
Figura 3.12: Diagrama de esfuerzos del pórtico.....	134
Figura 3.13: Soldadura de unión placa y columna.....	139
Figura 3.14: Union de columna y viga.....	141
Figura 3.15: Bosquejo del nervio estructural.....	145
Figura 3.16: Representación de placas superiores de conexión.....	148
Figura 3.17: Trazado y corte de las placas de los perfiles W.....	163
Figura 3.18: Construcción de los perfiles W.....	164
Figura 3.19: Trazado y corte de placa base y placas de conexiones superiores...	165
Figura 3.20: Identificación del los pedestales para el montaje.....	167
Figura 3.21: Montaje y union de la columna y placa base.....	168
Figura 3.22: Montaje vigas y viguetas del pórtico.....	168
Figura 3.23: Rematado de las juntas de los elementos principales de la estructura.....	169
Figura 3.24: Soldado de las placas superiores de conexión.....	169
Figura 3.25: Soldado de la atiesadores entre columnas y vigas.....	170
Figura 3.26: Montaje de la viga riel.....	170

Figura 3.27: Montaje de los contravientos laterales y superiores.....	171
Figura 3.28: Ilustración del polipasto eléctrico y la cuchara electrohidráulica...	172
Figura 3.29: Instalación de polipasto eléctrico y cuchara electrohidráulica.....	172
Figura 3.30: Tablero eléctrico de acometida y enlace.....	174
Figura 3.31: Tablero eléctrico de control de la cuchara.....	175
Figura 3.32: Tablero de enlace.....	176

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1: Forma de conexión de las bobinas en estrella.....	76
Tabla 1.2: Forma de conexión de las bobinas en triangulo.....	77
Tabla 3.1: Tabla del costo de la mano de obra.....	97
Tabla 3.2: Horario y tiempo de extracción.....	97
Tabla 3.3: Consumo de energía de los sistemas.....	98
Tabla 3.4: Síntesis de costos del proceso y el sistema de extracción.....	99
Tabla 3.5: Operacionalización de las variables.....	102
Tabla 3.6: Datos de la cuchara electrohidráulica.....	106
Tabla 3.7: Datos seleccionados del polipasto.....	109
Tabla 3.8: Datos de breakers seleccionado.....	153
Tabla 3.9: Datos del guardamotor seleccionado.....	155
Tabla 3.10: Datos del contactor seleccionado.....	157
Tabla 3.11: Datos de los mini relés seleccionado.....	157
Tabla 3.12: Datos de pulsadores seleccionados.....	158
Tabla 3.13: Datos del sensor seleccionado.....	159
Tabla 3.14: Datos de los gabinetes seleccionados.....	160

RESUMEN

Las Cucharas son equipos mecánicos fabricados para manejar materiales industriales a granel como la escoria, lodo, arena, vidrio, granos y materiales similares. Además, estos mecanismos pueden ser accionados por un sistema mecánico, hidráulico o electrohidráulico. Las amplias características de estos equipos han permitido ser aplicados en el ámbito industrial como: siderúrgico, metalúrgico, ecológico, portuario, entre otros para optimizar los procesos productivos.

Los polipastos son mecanismos usados para elevar cargas, pero, actualmente su fabricación acorde a los avances tecnológicos han hecho que estos equipos sean

eléctricos para permitir elevar y mover cargas de diferentes toneladas y a gran velocidad, porque estos disponen de motores de dos velocidades para su accionamiento; estas características, ha hecho que los polipastos eléctricos puedan ser aplicados en varios procesos industriales donde se requiere hacer trabajo de movimientos de cargas.

El análisis y el diseño de cualquier tipo de estructura realizado mediante programas computacionales como el SAP 2000 y la aplicación de la norma AISC, han permitido la construcción de las estructuras de acero acorde a las formas requeridas para instalar equipos y/o mecanismos. Las estructuras de acero de tipo pórtico han permitido construir puentes grúas que en conjunto con los polipastos eléctricos son de gran aplicación dentro del sector industrial.

El propósito de este proyecto es implementar un sistema similar que hoy en día es muy utilizado en los procesos de manejo de residuos, para lo cual se propuso la creación de un sistema de extracción para extraer la escoria, considerando que si se dispone de, equipos y mecanismos necesarios para la implementación, información sobre su funcionamiento, manuales para consultar la selección y la instalación, y el asesoramiento técnico del Departamentos de proyectos Novacero.

ABSTRACT

The Clamshell are mechanical manufactured equipments to manage industrial powder materials like the scum, mud, sand, glass, grains and similar materials. Also, these mechanisms can be worked by a mechanical, hydraulic or electrohidráulic system. The wide characteristics of these equipments have permitted to be applied in the industrial areas like: iron and steel, metallurgical, ecological, harbour, among other to help optimize the productive process.

The Polipastos are mechanisms which are used to elevate loads, but, at the moment its manufacture is according to the technological advances that has made that these

equipments are electric that permit to elevate and move loads in different ton with great speed, because they set out motors of two speeds so it can work; these characteristics, have made that the electric polipastos can be applied in several industrial process where it is required to make works of loads movements.

The analysis and the design made of any type of structure means of computing programs like the SAP 2000 and the application of the norm AISC, have allowed the construction of the steel structures according to the required forms to install the equipment or the mechanisms. The steel structures of porch type have allowed build bridges cranes that together with the electric polipastos. They are great application inside the industrial sector.

The purpose of this project is to implement a similar system that nowadays is very used in the handling of residuals process, so the proposal is to create an extraction system to extract the scum, considering that there are equipments and the necessary mechanisms for the implementation, information about the operation, manuals to consult the selection and the installation, and the technical advice of the Departments of projects Novacero.

INTRODUCCIÓN

La empresa Novacero S.A planta Lasso, dispone de procesos de conformado para la fabricación de sus productos, siendo la laminación en caliente uno de ellos, este procesos consiste en hacer una barra de acero en caliente por varios mecanismos denominados casetas, durante el trayecto de todo este proceso genera grandes cantidades de residuos metálicos llamado escoria que es recogido en un tanque sedimentador mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales para posteriormente ser extraída.

Considerando que la extracción de escoria es realizada manualmente con la intervención de varias personas, se presenta una propuesta de implementación de un Sistema de Extracción. Este sistema de extracción es una estructura de acero en cual está instalado un mecanismo de elevación que es un polipasto eléctrico y un mecanismos de manejo de materiales llamado cuchara electrohidráulica, mismo que funciona eléctricamente para sacar la escoria.

El proyecto de la implementación de un sistema de extracción es importante para el tren de laminación porque mejora la condición del proceso de extracción de escoria que está relacionado fundamentalmente con los costos de la producción, y además porque ayuda al mejoramiento continuo proceso del proceso de producción y por ende con el cumplimiento de la política integral (Sistema de Gestión Integrado) de la empresa.

El objetivo general de este trabajo es realizar la implementación de un adecuado sistema de extracción de escoria para el tren de laminación; y los objetivos específicos son: describir las bases teóricas para conseguir un diseño idóneo de la estructura y la selección correcta de los mecanismos, realizar un análisis de las entrevistas implantadas para determinar la factibilidad del proyecto, y por último, realizar la construcción y el montaje de la estructura metálica y la instalación de los mecanismos y equipos que conformará el sistema de extracción.

La hipótesis de este proyecto estará definido de la siguiente manera: Es posible que la construcción de un Sistema de Extracción de escoria, sirva para mejorar el proceso de extracción reduciendo el costo de operación por mano de obra y además eliminando la posibilidad de que el operador se accidente y se enferme.

Para llegar a cumplir el objetivo de este proyecto se hizo estudio de las bases teóricas necesarias que se detalla en el capítulo I, se hizo el análisis de factibilidad que está descrito en el capítulo II, y por último se realizó el proceso del cálculo, dimensionamiento y construcción de los elementos estructurales y del montaje de la estructura de acero y además se hizo el proceso de selección e instalación de los

mecanismos de elevación y de manejo de materiales que está detallado en el capítulo III.

El proyecto es novedoso dentro de las industrias siderúrgicas del país considerando que la empresa Novacero S.A es una de las industrias que está implementando y mejorando sus procesos productivos acorde a la tecnología actual.

Los resultados que se ha conseguido con la implementación de este sistema es la reducción de tiempo de extracción (aproximadamente a dos horas y media), eliminación de implementos innecesarios, reduce la cantidad de personas, educación de consumo de energía, dejar de exponer a los trabajadores al peligro de accidentes y enfermedades, ayudar a la mejora continua del proceso de laminación entre otros.

CAPÍTULO I

PROCESOS Y MECANISMOS INDUSTRIALES

1.1 CONFORMADO MECÁNICO

Según el libro de MANGONON PART L. de “Ciencia de Materiales” página 272, describe que el conformado son procesos de fabricación, para dar forma a los materiales metálicos y obtener diversos tipos de productos, con formas sencillas y complejas, este proceso puede ser realizado artesanalmente o industrialmente con o sin arranque de viruta.

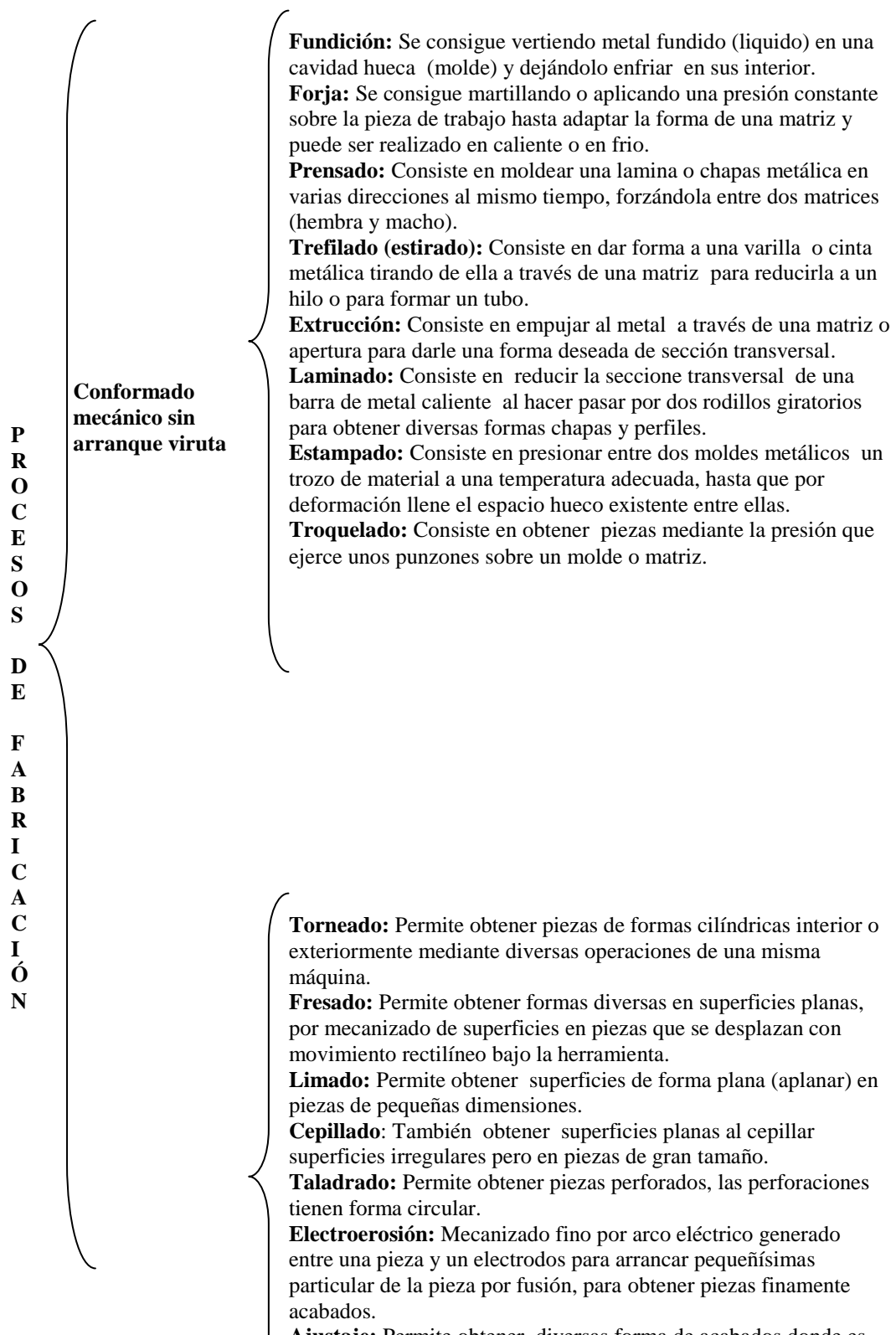
Para realizar la operaciones de conformado generalmente se utilizan moldes y matrices, pero distintos tipos de maquinaria y/o máquinas-herramientas.

1.1.1 Clasificación de los Procesos de Conformado

A continuación en la figura 1.1 se hace una calificación de los procesos de fabricación más comunes aplicados para la fabricación de productos metálicos conformados, para mejor entendimiento en el anexo B-1 se ilustran gráficos de los procesos.

Figura 1.1:

CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN



**Conformado
mecánico con
arranque viruta**

Fuente: Investigador.

1.2 LAMINACIÓN EN CALIENTE

El libro de MANGONON PART L. de “Ciencia de Materiales” página 302, define qué, la laminación en caliente es un proceso continuo, que consiste en reducir y dar forma el área de la sección transversal de una barra de acero al pasar por un sin número de rodillos luego de haber sido calentando hasta alcanzar su ductilidad y maleabilidad, para así obtener diversos tipos de productos metálicos alargados de sección transversal constante como, se muestra en el anexo B-2

El procesos de laminación en caliente puede ser realizado de forma manual con la intervención directa del hombre o de forma automática, requiriéndose para las dos forma de un conjunto de maquinas y equipos denominando tren de laminación.

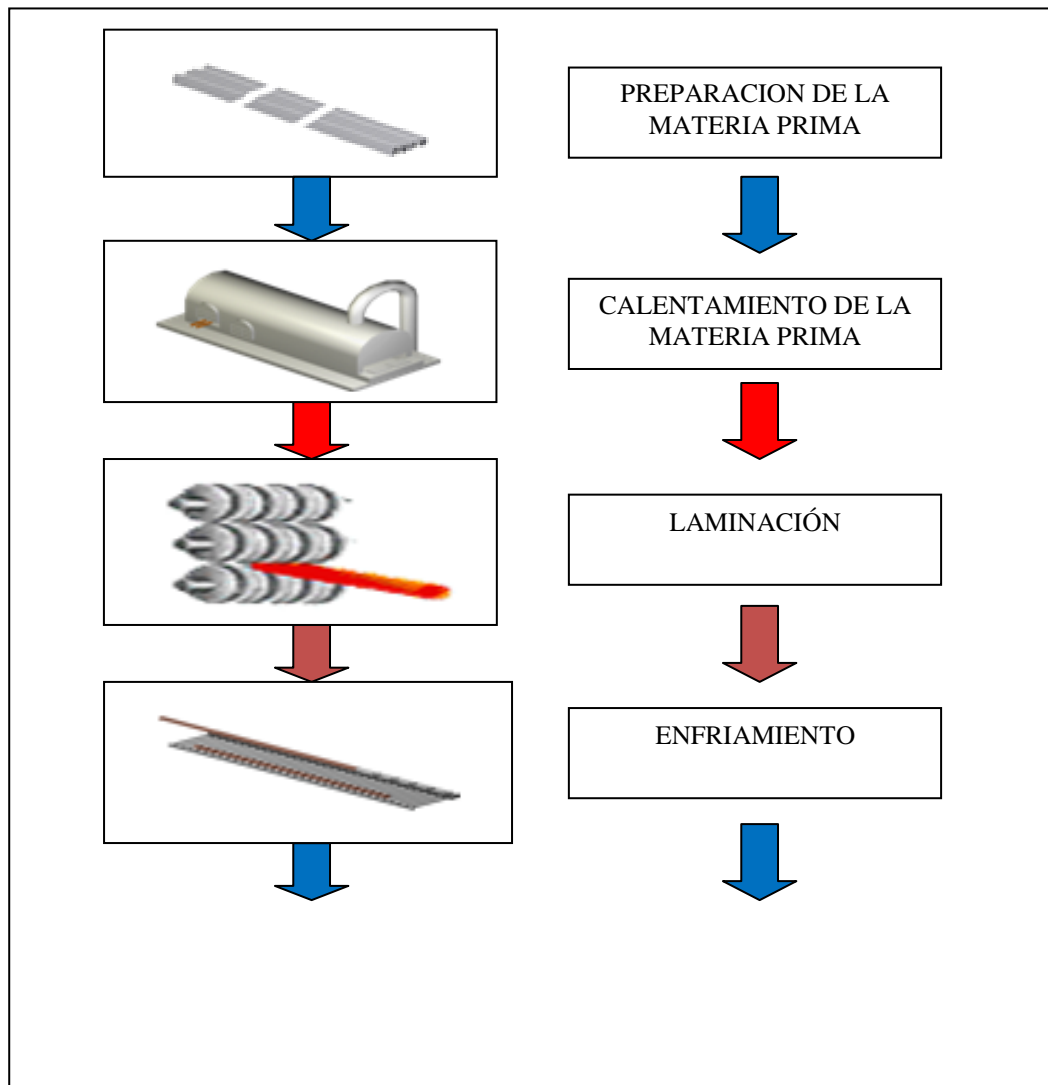
Los trenes tienen diferentes procesos y sistemas dependiendo del tipo de producto, por tal razón, existen trenes para laminados de perfiles, para laminados de chapas y para laminados de flejes.

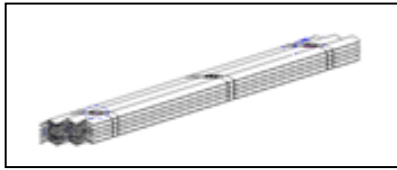
1.2.1 Proceso de Fabricación Para Perfiles Laminados

Actualmente, los perfiles laminados en caliente son obtenidos por procesos realizados en trenes de laminación automáticos que están constituidos generalmente por un horno de calentamiento, casetas, cizallas, mesa de enfriamiento y sistemas complementarios, permitiendo realizar la laminación de forma continua y rápida antes que se enfríe el lingote de acero. Por tanto, el tren de laminación está constituido por varios procesos secuenciales de fabricación dentro de su funcionamiento, como muestra en la figura 1.2.

Figura 1.2:

SECUENCIA DEL PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE PARA LA FABRICACIÓN DE PERFILES DE ACERO.





EMPAQUETADO Y
ETIQUETADO

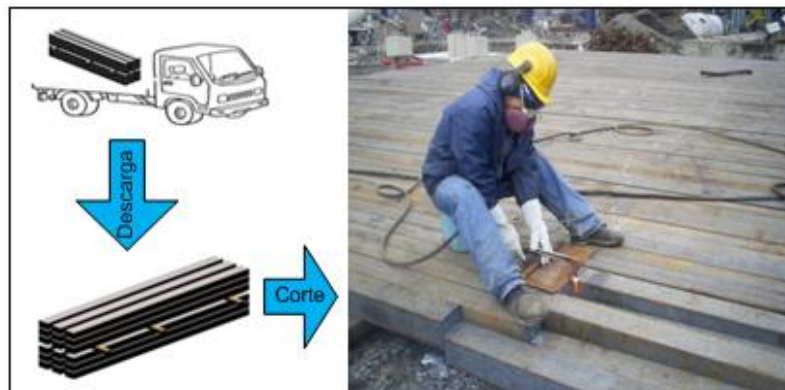
Fuente: Investigador.

1.2.1.1 Preparación de la Materia Prima

La preparación consiste en descargar los lingotes colados de acero denominado palanquillas desde un medio de transporte, almacenarlo y clasificando, para luego ser cortado a longitud requerida y ser enviado al siguiente proceso, como se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3:

PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA; CORTESÍA NOVACERO.



Fuente: Investigador

1.2.1.2 Calentamiento del Acero

Según la tesis de VARGAS ESTRELLA IVAN del “Mejoramiento de la calidad del producto en el proceso de fabricación de la empresa Novacero S.A.” página 21, menciona que el calentamiento consiste en introducir la palanquilla de acero en un horno de calentamiento (denominado foso de termodifusión) para calentar hasta alcanzar temperaturas de 900 a 1250 °C, donde se presenta el máximo

estado de plasticidad para así facilitar el trabajo del proceso de estiramiento y deformación de la palanquilla.

Figura 1.4:

HORNO DE PRECALENTAMIENTO; CORTESÍA NOVACERO.



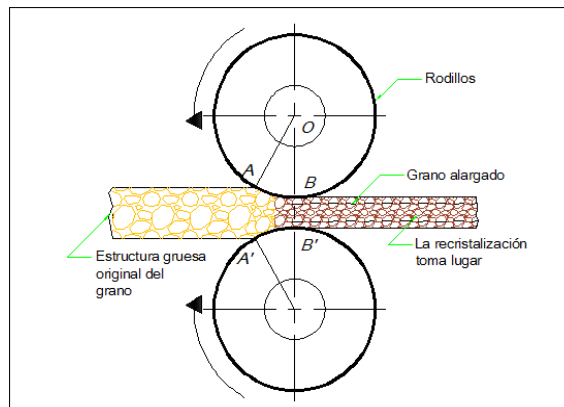
Fuente: Investigador

1.2.1.3 Laminación

Según el libro de MANGONON PART L de “Ciencia de Materiales” página 303, complementa la definición de laminado con la ilustración de la figura 1.5, que consiste en hacer pasar la palanquilla al rojo vivo por una serie de casetas dispuestas una a continuación de otro donde sus rodillos aplastan al lingote hasta reducir y dar forma de la sección al tamaño deseado para conseguir un producto.

Figura 1.5:

EFEECTO DEL CONFORMADO EN CALIENTE DE LA PALANQUILLA.



Fuente: Investigador.

Este proceso es realizado en un tren continuo como se muestra en la figura 1.6, que está constituida por casetas de dos y tres rodillos acanalados conectados a un sistemas motrices que tiene velocidad variable controlada automáticamente. Por tanto, el tren continuo está dividido en tres partes de laminación:

- Tren de desbaste: Están formados por casetas de tres rodillos, donde da las primeras pasadas de laminación en bruto para devastar e ir eliminando la escoria gruesa, como se muestra en la figura 1.6;
- Tren de intermedio: Están formados por casetas de dos rodillos que continúa devastando y comienza a dar forma a la barra;
- Tren acabador: También formado por casetas de dos rodillos que da la forma y el acabado final de los perfiles con secciones transversales y uniforme en toda su longitud.

Figura 1.6:

TREN CONTINUÓ DE LAMINACIÓN; CORTESÍA NOVACERO



Fuente: Investigador

El tren continuo durante el proceso de laminación está expuesto al calentamiento los rodillos y otros componentes por el contacto directo con la palanquilla caliente y además también genera una gran cantidad de residuos sólidos (escoria), para contrarrestar y eliminar estos aspectos, utiliza mecanismos de enfriamiento y tratamiento constituidos por tres sistemas:

- Sistema de alimentación de agua;
- Sistema de recolección de aguas residuales; y
- Sistema de tratamiento de aguas residuales.

4) Sistema de Alimentación de Agua

Este sistema, alimenta de agua fría y limpia al tren continuo por un sistema de aspersión (formado por tubería, duchas y elementos de bombeo) para bañar a los rodillos y otros elementos para mantenerlos libres de escoria y refrigerados durante todo el proceso de laminación.

5) Sistema de Recolección de Agua Residuales

Este sistema, recoge las aguas negras de todo el tren continuo que es producida durante el proceso de laminación por medio de un sistema de conducción (canales de hormigón) para transportar hasta un tanque denominado hidrociclón para iniciar con proceso de tratamiento de la misma.

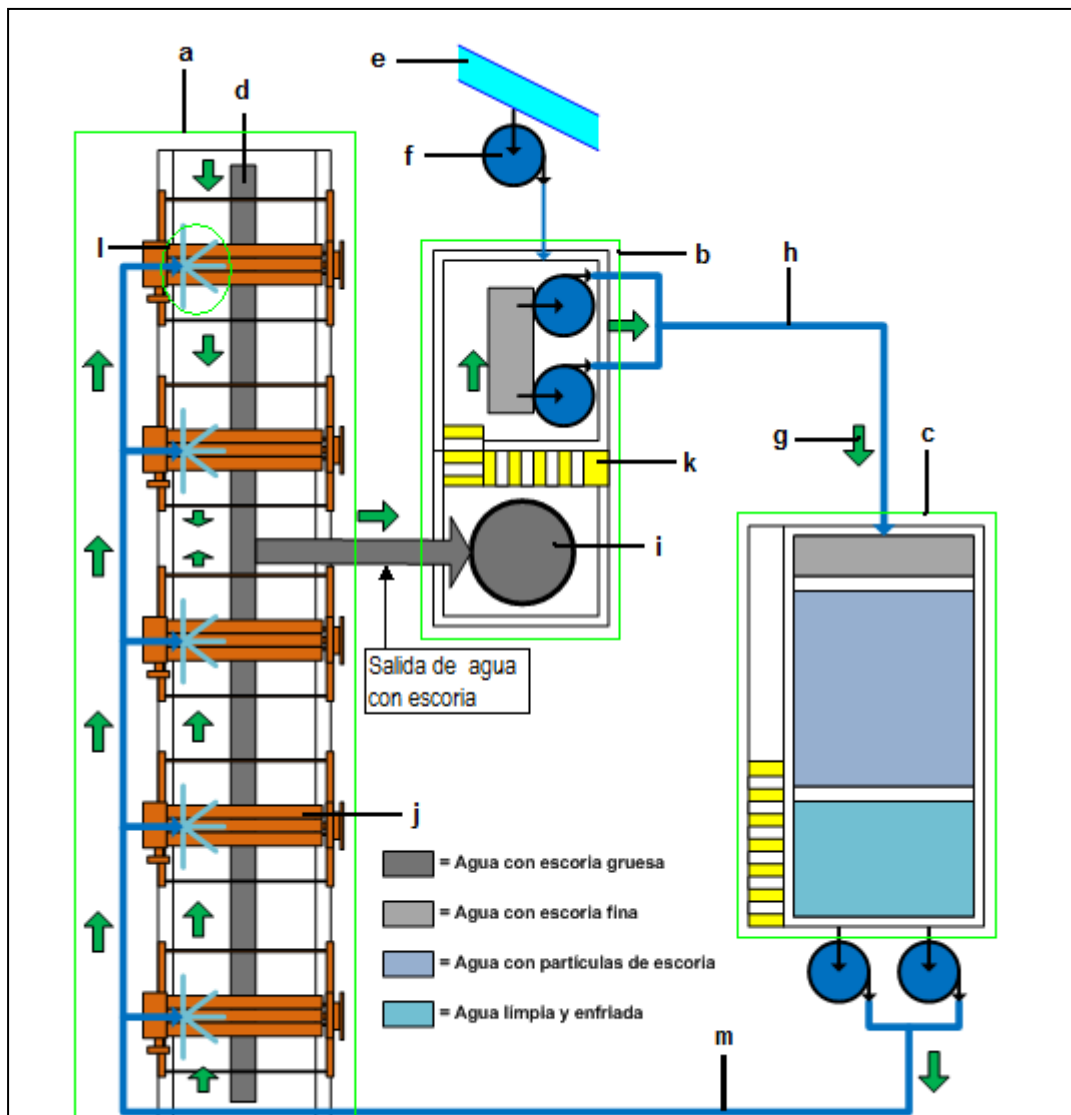
6) Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Este sistema, hace el tratamiento del agua residual, el cual, elimina todo los residuos sólidos y además enfría, obteniendo así un agua limpia y fría para nuevamente ser enviado al tren por el sistema de alimentación de agua. El tratamiento se inicia desde el tanque hidrociclón hasta el tanque sedimentador longitudinal. En la figura 1.7 se presenta el diagrama del proceso de tratamiento de las aguas residuales, para el mejor entendimiento del funcionamiento.

Como se observa en el diagrama del proceso, el tren continuo forma un circuito cerrado de recirculación de agua durante su funcionamiento. Los elementos principales que conforma el sistema de tratamiento de aguas para su

funcionamiento es: un tanque hidrociclón, tanque sedimentador longitudinal, elementos de bombeo y elementos de conducción.

Figura 1.7:
DIAGRAMA DE PROCESOS PARA REFRIGERAR Y TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES, EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE DE LA INDUSTRIA NOVACERO



a= Tren continuo de laminación;
b= Tanque hidrociclón;
c= Tanque sedimentador longitudinal;
d= Canales de conducción;
e= Sequia abastecedor de agua;
f= Bombas;

g= Flechas que indican la secuencia del proceso;
h=**m**= Tuberías de conducción de agua;
i= Pozo de escoria (Scale Pit);
j= Casetas o jaulas de laminación;
k= Gradas de acceso a los tanques;
l= Duchas de agua;

Fuente: Investigador.

a) *Tanque hidrociclón.* Su función es recibir las aguas negras para iniciar con el proceso de tratamiento, por tanto, el tanque hidrociclón tiene dos compartimentos llamados: tanque de escoria (denominado Scale Pitt) y tanque de abastecimiento.

b) *Tanque sedimentador longitudinal.* Su función es sedimentar toda la escoria y residuos finos y enfriar el agua para posteriormente ser enviado de vuelta al proceso de laminación, cuyo proceso es realizado en tres compartimentos, como se muestra en la figura del anexo B-3.

c) *Elementos de bombeo.* Son bombas de agua, su función enviar el agua del tanque hidrociclón hacia el tanque sedimentador longitudinal, además también bombea el agua ya tratada al sistema de alimentación de agua para el proceso de laminación y también bombea el agua desde el río para llenar el tanque hidrociclón.

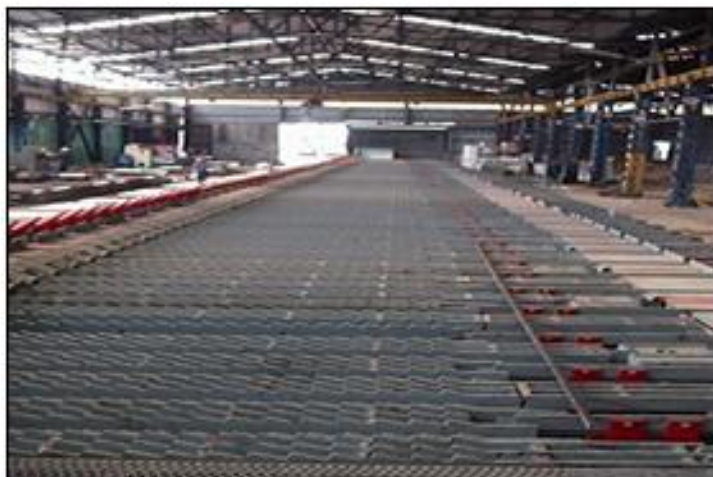
d) *Elementos de conducción.* Son tubos de acero, que permiten conducir el agua entre los tanques y el sistema de alimentación hasta llegar a las duchas que están ubicados en cada caseta de laminación.

1.2.1.4 Enfriamiento del Producto

El enfriamiento, consiste en transportar el producto final que todavía está a una temperatura elevada por medio de un sistema de camino de rodillos hasta una mesa de enfriamiento luego de haber sido cortada por una cizalla a longitud de la mesa, aquí el producto es enfriado por la circulación del aire natural hasta alcanzar una temperatura inferior de 80 °C, como se muestra en la figura 1.8.

Figura 1.8:

MESA DE ENFRIAMIENTO; CORTESÍA NOVACERO



Fuente: Investigador

1.2.1.5 Terminado del Producto Final

Es el último proceso del laminado que consiste en cortar producto final ya enfriado en una cizalla a medidas comerciales de 6 y 12 metros, para finalmente ser empaquetados, etiquetado de acuerdo a las unidades por paquete. Y posteriormente es enviado al consumidor final.

1.3 MECANISMOS PARA EL MANEJO DE MATERIALES INDUSTRIALES

El manual de EUROMEC de “Hydraulic Equipments for Demolition and Handling”, menciona que, los mecanismos para el manejo de materiales industriales son equipos mecánicos que permiten manipular materiales como, materias primas, productos, residuos industriales, etc. en diferentes sectores industriales como: el sector portuario, metalúrgico, siderúrgico, de cemento, de la madera y en el sector ecológico. Y que en el mercado actual existe un sin número de mecanismos para cada tipo de material a manejar como: rechazos urbanos y asimilados, chatarra metálica, madera, peñasco, piedras, agregados y materiales a granel.

1.3.1 Clasificación de los Mecanismos Para el Manejo de Materiales Industriales

Los mecanismos para manejo de materiales en el sector industrial, según su forma de manufacturación y su aplicación se clasifican en:

- Pinzas;
- Pulpos;
- Electroimanes; y
- Cucharas.

1.3.1.1 Las Pinzas

Tiene la forma constructiva igual al de una pinza manual con la diferencia que accionada hidráulicamente y es utilizado en sector industrial siderúrgico, de la madera, metalúrgico y de la construcción para manejar materiales voluminosos y pesados, quebrar, demoler construcciones y manejar troncos.

1.3.1.2 Los Pulpos

Llamados así por su forma constructiva similar al de un pulpo, sus valvas (tentáculos) son accionados hidráulicamente y son utilizados generalmente en el sector siderúrgico, cemento, ecológico y portuario para el manejo de la chatarra, rocas, desechos o rechazo urbanos, y para bragado puertos.

1.3.1.3 Los Electroimanes

Mecanismos generalmente utilizados en el sector siderúrgico para el manejo de chatarra metálica, además los electroimanes puede ser un elemento de equipamiento adicional en los pulpos según su requerimiento.

1.3.1.4 Las Cucharas

El manual EUROMEC de “Pulpos Electrohidráulicos” describe que las cucharas tienen una forma constructiva similar a dos cucharas rectangulares que son accionados mecánicamente o hidráulicamente para realizar su movimiento, son usados generalmente en el sector siderúrgico, ecológico y portuario, para el manejo de materiales a granel como: la escoria del proceso de laminación y fundición, lodos de tanques de sedimentación, tierra del proceso de excavación, manejo de vidrio en polvo, materiales molidos, y similares.

La clasificación de los mecanismos para el manejo de materiales industriales, con mayor detalle se muestra en el anexo B-4.

2) Clasificación de la Cucharas

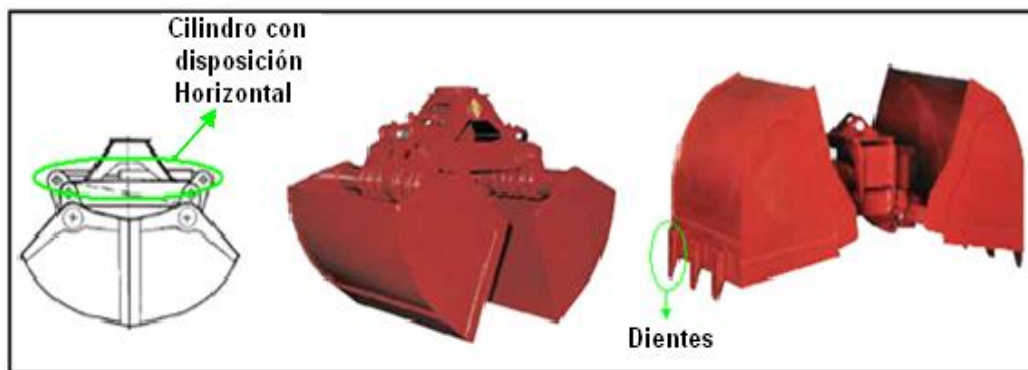
Según el manual de EUROMEC “Hydraulic Equipments for Demolition and Handling”, las cucharas según la disposición de los cilindros hidráulicos de accionamiento se pueden clasificar en:

- Cucharas de cilindros horizontales;
- Cucharas de cilindros verticales; y
- Cucharas de cilindros semiverticales.

a) Cucharas de cilindros horizontales. Los cilindros de accionamiento están dispuestos de forma horizontal ya sea en el momento que se abre y cierran las valvas, este tipos de cucharas son utilizados para trabajo extracción lodos, arena, escoria, etc. desde las profundidades; y así como, para excavar pozos si están equipados con uñas en las valvas como se muestra en la figura 1.9.

Figura 1.9:

CUCHARAS HIDRÁULICAS CON CILINDROS HORIZONTALES



Fuente: Investigador

b) Cucharas de cilindros verticales. Sus cilindros de accionamiento están dispuestos de forma vertical ya sea para abrir y cerrar las valvas como se muestra en la figura 1.10, son utilizados para trabajos de excavación de suelos en el proceso de dragado para extraer lodos, arena, escoria, etc. desde las profundidades de lagos, ríos, etc.

Figura 1.10:

CUCHARAS HIDRÁULICAS CON CILINDROS VERTICALES



Fuente: Investigador

c) *Cucharas de cilindros semiverticales.* Las cucharas que disponen de cilindros semiverticales tanto para abrir y cerrar la valvas como se muestra en la figura 1.11, son utilizados para trabajos de extracción escoria, lodos, arena, y similares desde las profundidades de los tanques de sedimentación.

Figura 1.11:

CUCHARAS HIDRÁULICA Y ELECTROHIDRÁULICA CON CILINDROS SEMIVERTICALES



Fuente: Investigador

1.3.2 Accionamiento de los Mecanismos

Según el manual EUROMEC “Pulpos y Cucharas Mecánicas” Los mecanismos los pueden ser accionados mediante los siguientes sistemas.

- Sistema Mecánico;

- Sistema Hidráulico; y
- Sistema Electrohidráulico.

1.3.2.1 Sistema Mecánico

Este sistema está constituido básicamente por cable de acero, un tambor y poleas, que forma un sistema de accionamiento mecánico que permite abrir y cerrar las valvas de forma simultánea para realizar el trabajo, los mecanismos con este tipo accionamiento para su función requieren ser instalados en grúas de tipo pescante, como se muestra en la figuras 1.12

Figura 1.12:

CUCHARAS EUROMECC ACCIONANDO POR SISTEMA MECÁNICO



Fuente: Investigador.

1.3.2.2 Sistema Hidráulico

Este sistema de accionamiento consta simplemente de cilindros hidráulicos de doble efecto y conectores, para poner en funcionamiento requieren ser instalados grúas de camión o de las retroexcavadoras para aprovechar la central hidráulica para el accionamiento de los cilindros, como se muestra en la figura 1.13.

Figura 1.13:

MECANISMO ACCIONADO POR SISTEMA HIDRÁULICO



Fuente: Investigador.

FILTER MANUFACTURERS COUMCIL “Sistemas Hidráulicos” describe qué, una central hidráulica está constituida de un recipiente de aceite, un filtro, una bomba, válvulas de control de flujo y cilindros o actuadores, y el funcionamiento es realizado por un motor de combustión interna o motor eléctrico. La central hidráulica permitirá realizar el movimiento lineal de los cilindros para hacer abrir o cerrar simultáneamente las valvas.

1.3.2.3 Sistema Electrohidráulico

En el manual de EUROMEC “Cucharas Electrohidráulicas” menciona que un sistema electrohidráulico es porque la central hidráulica es accionado por un motor eléctrico que se encuentra incorporado en el propio mecanismo, siendo el principio de funcionamiento igual al sistema de acciona hidráulico.

Figura 1.14:

CUCHARA ACCIONADO POR SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO



Fuente: www.euromecsrl.com; Cucharas Electrohidráulicas; EUROMECC; 16-04-09

Por lo general los mecanismos accionados con un sistema electrohidráulico requieren ser instalados en puentes grúas para su funcionamiento, ya que disponen de un eje pasador acoplable a cualquier tipo gancho de la grúa, como se muestra en la figura 1.14.

1.3.3 Tipos de Control de los Mecanismos

El manual de EUROMECC “Pulpos Electrohidráulicos” dice que el tipo de control, se refiere a los mecanismos que son accionados por un sistema electrohidráulico, donde, la central hidráulica es controlada por un sistema de mando y control eléctrico, que permite accionar el motor eléctrico y la maniobra de los elementos de control de flujo como se muestra en el anexo B-5; y este tipo de control puede ser realizado por tres sistemas denominados.

- Electrorevers;
- Radiomatic; y
- Electromatic.

1.3.3.1 Electromatic

La central hidráulica de accionamiento es controlado por un electro distribuidor (electroválvula) el mismo que es maniobrado eléctricamente vía cable desde un tablero de mando y control. El motor eléctrico siempre será energizado vía cable (conductor eléctrico) para los tres tipos de control.

1.3.3.2 Radiomatic

La central hidráulica de accionamiento es controlado por un electro distribuidor (electroválvula) comando vía radiofrecuencia (control remoto) el mismo que tiene un emisor y un receptor.

1.3.3.3 Electtrorevers

La central hidráulica de accionamiento es controlado por medio de una inversión del sentido de rotación del grupo de motobomba que se consigue realizando el mando sobre la línea de alimentación del motor eléctrico y este sistema de mando no requiere de ningún control eléctrico de las válvulas.

1.3.4 Selección de Mecanismos Para el Manejo de Materiales

Para que un mecanismo de manejo de materiales trabaje eficientemente, depende de la selección correcta del mismo, y para su selección se debe considerar los siguientes aspectos importantes:

- Tipo de material a manejar;
- Tipo de mecanismo;
- Capacidad del mecanismo;
- Tamaño de área o espacio disponible;
- Tensión de alimentación eléctrica; y
- Tipo de funcionamiento o control.

1.3.4.1 Tipo de Material a Manejar

Consiste en determinar qué tipo material, residuo, o producto se requiere manejar en dicho sector industrial.

1.3.4.2 Tipo de Mecanismo

Se debe considerar que en las industrias así como hay diferentes tipos materiales que manejar, en el mercado también existe un tipo de mecanismo para cada tipo de material a manejar con su respectivo nombre.

1.3.4.3 Capacidad del mecanismo

La determinación correcta de la capacidad de un mecanismo o maquina permite optimizar la vida útil y el rendimiento del mismo, así como también tener un buena producción o trabajo dentro de un proceso. Por tal razón, el mecanismo debe tener una sobredimensión necesario sin exceder los límites determinados. El parámetro que permite determinar la capacidad del mecanismo es el peso del material a manejar (para transportar, elevar, mover, etc.). Los diferentes materiales tiene su propio peso específico los mismos que se encuentran en la tabla D-1 de Características de Materiales del anexo D.

1.3.4.4 Tamaño de Área o Espacio Disponible

Este aspecto consiste en determinar la disponibilidad de espacio que tiene cualquier mecanismo o elemento, ya que ayuda a determinar las dimensiones requeridas o admitidas para su instalación, pero sin variación de su capacidad.

1.3.4.5 Tensión de Alimentación Eléctrica

Al momento de seleccionar o diseñar cualquier maquina o mecanismo que funcione con energía eléctrica se debe tener en cuenta la red de alimentación eléctrica que se dispone o se necesita ser instalado en el lugar donde va estar

ubicado la máquina, por lo general en el medio industrial se dispone de una alimentación trifásica de 220 V, 440V y 575V.

1.3.4.6 Tipo de Control

Se refiere a las formas de control que puede tener cada mecanismo para ser operado o maniobrado. Para el caso de los mecanismos con sistemas de accionamiento electrohidráulico la forma de control se describe en el anexo B-5.

1.4 ESTRUCTURAS METÁLICAS

El libro de MERIAM J.L. de “Estática” página 119, define que una estructura metálica es todo un sistema u objeto artificial (puentes, galpones, edificios, etc.) constituido de miembros unidos entre sí y con cualquier forma esquelética, construidos de un material metálico para soportar con seguridad su propio peso y las cargas aplicadas sobre él.

Actualmente las estructuras metálicas han tenido una gran aplicación en los sectores industriales, comerciales, y residenciales, debido al desarrollo de las industrias del acero (la fundición y laminación) con la fabricación de perfiles y placas y con una gama de propiedades.

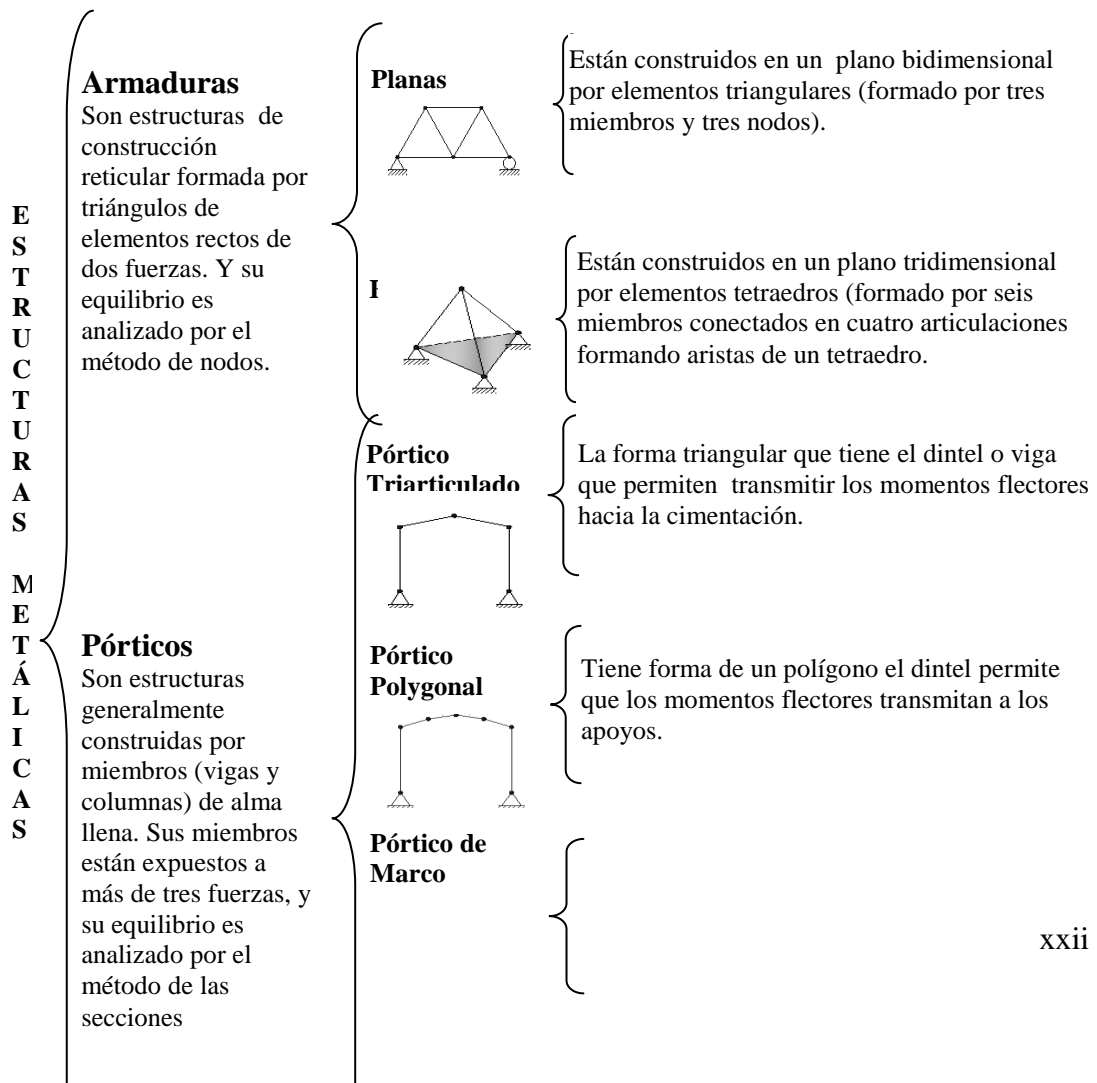
Según el libro de MERIAM J.L. de “Estática” página 119, menciona que todo estructuras metálicas antes de ser construidas, deberán ser expuestas a un análisis de equilibrio de las fuerzas exteriores e interiores que se presentan en la misma para determinar el tamaño de sus elementos, este análisis se soluciona mediante la aplicación del diagrama y ecuaciones de cuerpo libre. Pero actualmente los análisis se hace utilizando programas de análisis en ordenadores.

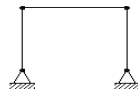
1.4.1 Clasificación de las Estructuras Metálicas

A continuación en la figura 1.15 se hace la clasificación general de las estructuras según su forma de construcción.

Figura 1.15:

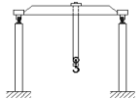
CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS





Son de construcción simple ya que forma un cuadrado o rectangular entre los dinteles y columnas.

Puente Grúa



De construcción similar al pórtico de marco adicionalmente expuesta a cargas vivas de forma continua por el trabajo de la grúa.

Fuente: Investigador.

1.4.2 Pórticos Metálicos

Los pórticos son estructuras estacionarias de construcción simple, formada por vigas y columnas diseñadas para soportar cargas determinadas, se caracteriza por ser construidos con perfiles laminados y son aplicados en la construcción de naves industriales, edificios y estructuras similares, además sus miembros pueden ser de construcción de alma llena y reticular como se muestra en el anexo B-6.

Según el libro de BEER de “Mecánica Vectorial para Ingenieros” página 316, menciona que los pórticos deben ser analizados aplicando la teoría de entramado que menciona “que son estructuras compuesto por elementos sujeto a la acción de fuerzas múltiples, es decir un elemento actúa tres o más fuerzas que no están dirigidas a lo largo del elemento”, este análisis permitirá determinar las fuerzas externas que actúa sobre la estructura y las fuerzas internas que mantienen unidos a los diversos miembros del armazón.

1.4.2.1 Clasificación de los Pórticos

Según la tesis de FIERRO C. de “Diseño de un Pórtico rígido a dos Aguas para Cubiertas de un Complejo de Canchas de Tenis” página 3, los pórticos de pueden clasificar según su forma de construcción y aplicación.

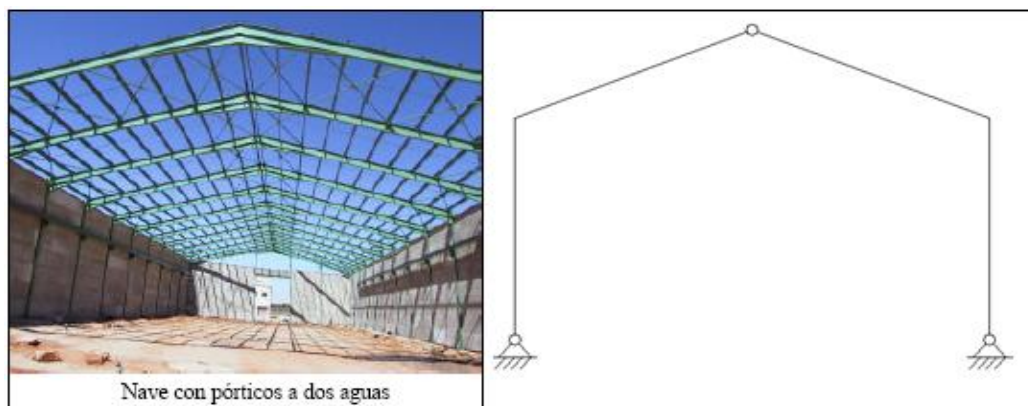
- Pórticos triarticulados;
- Pórticos poligonales;
- Pórticos de marco; y
- Pórticos de grúa.

5) *Pórticos Triarticulados*

Este tipo de pórticos se caracteriza por la forma triangular (semidintel articulados entre sí) del dintel en su construcción como muestra la figura 1.16, así como, por la unión articulada entre el dintel y la columna; esta forma de construcción permiten que se anulen los momentos deflectores y no se transmita a la cimentación, y son aplicados en la construcción de naves industriales donde soporta el peso de cubiertas.

Figura 1.16:

PÓRTICO TRIARTICULADO A DOS AGUAS



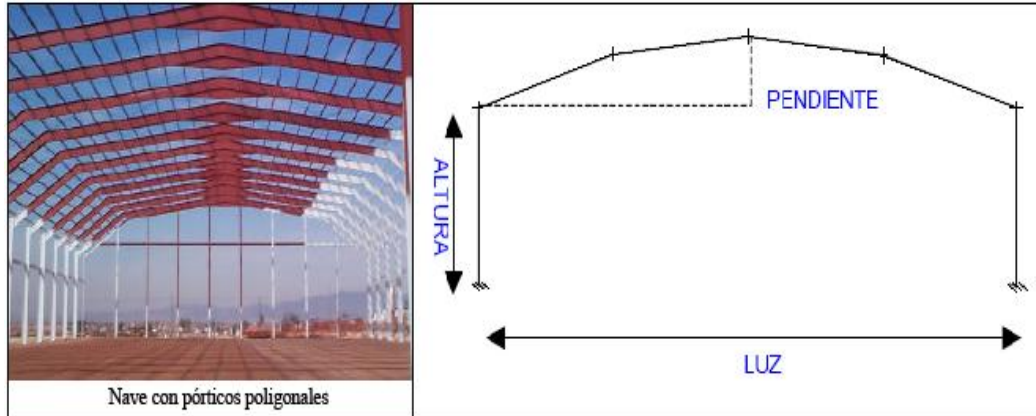
Fuente: Investigador.

6) *Pórticos Poligonales*

Los pórticos se caracterizan por tener el dintel de forma de un polígono rectangular en su construcción como se muestra en la figura 1.17 y por la unión articulada entre el dintel y la columna; esta forma de construcción permite que una parte de los momentos flectores sean transmitidas hacia los apoyos y son utilizados en la construcción de naves e edificios industriales modernos.

Figura 1.17:

PÓRTICO POLIGONAL RECTANGULAR



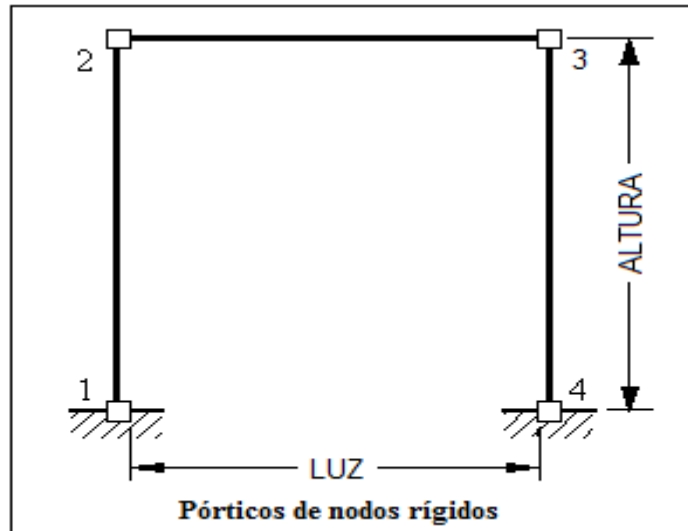
Fuente: Investigador.

7) *Pórtico de Marco*

Estos pórticos se caracteriza por tener una forma simple de construcción en forma de un marco rectangular o cuadrado como se muestra en la figura 1.18, además se caracteriza por tener juntas perpendiculares entre dintel y la columna, y son aplicados en la construcción desde de una pequeña estructura hasta la construcción de grandes edificios.

Figura 1.18:

PÓRTICO DE MARCO DE NODOS RÍGIDOS



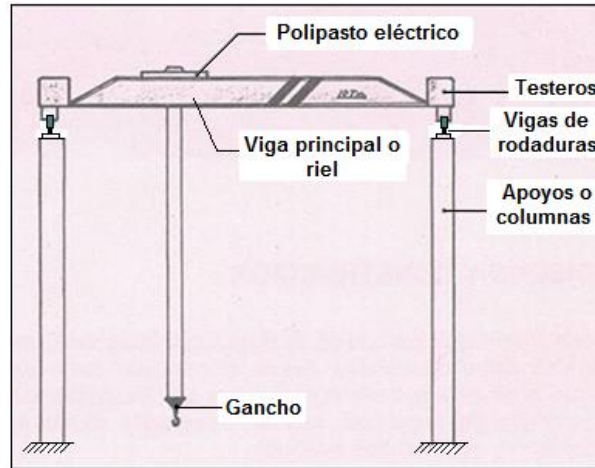
Fuente: Investigador.

8) *Pórticos de Grúa*

Son pórticos de construcción robusta similar al pórtico de marco como se muestra en la figura 1.19, y son aplicados en la construcción de estructuras de puentes grúas para instalar grúas de tipo polipasto, por tanto, esta estructura deben ser diseñados y construidos para soportar cargas vivas y dinámicas de forma continua por el trabajo de la grúa.

Figura 1.19:

ESTRUCTURA DE UN PUENTE GRÚA CON SUS PARTES PRINCIPALES



Fuente: www.maquinas.com; Puente- Grúa; MÁQUINAS; 16-04-09.

1.4.3 Los Puentes Grúas

Los puentes grúas son un conjunto estructural formado por una estructura de acero y un sistema de elevación (polipasto) para levantar cargas, y un sistema de desplazamiento (viga móvil) para mover las cargas de un lugar a otro luego de haber sido elevados.

Además, los puentes grúas pueden estar contruidos en combinación con otros tipos de pórticos ya descritos, para formar así una solo estructura funcional para un trabajo, por ejemplo una nave industrial con un puente grúa para el movimiento de maquinas, todo esto acorde a las necesidades requeridas.

1.4.3.1 Clasificación de los Puentes Grúas

En la figura 1.20 se hace una clasificación de los puentes grúas según número de grado de movimiento, y para mejor entendimiento ver gráficos en el anexo B-7.

Figura 1.20:

CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS SEGÚN EL GRADO DE MOVIMIENTO

C L A S I F I C A C I Ó N D E L A S G R Ú A S	Grado de movimiento uno	Es una grúa suspendido o colgado en una estructura cualquiera, el cual, realiza el movimiento de elevación de la carga (movimiento vertical Subir/Bajar).	<ul style="list-style-type: none"> • Teclé manual. • Polea (s) suspendida. • Grúa de cadena. • Grúa de cable.
	Grado de movimiento dos	Son grúas suspendido en una viga riel que está fijada en una o dos columna, el cual, realiza el movimiento de elevación y movimiento de traslación lateral (Este/Oriente). Además estas grúas adicionalmente pueden ser con un movimiento de traslación giratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Grúa de cadena o cable en riel fijo. • Grúa en riel giratorio al extremo. • Grúa en riel giratorio al centro. • Grúa en riel de pórtico fijo
	Grado de movimiento tres	Son las grúa suspendido o montados en una viga riel movable sobre un estructura o sobre piso, el cual, realiza el movimiento de elevación, movimiento de traslación lateral y movimiento de traslación longitudinal (Norte/ Sur).	<ul style="list-style-type: none"> • Puente grúa monoviga. • Puente grúa doble viga. • Grúas de pórtico de rodillos o patines.

Fuente: Investigador.

1.4.3.2 Elementos de los Puente Grúas

Los puentes grúas están constituidos por las siguientes partes que son:

- Estructura de acero;
- Viga riel; y
- Polipasto eléctrico.

4) La Estructura de Acero

La estructura de pórtico de marco, el mismo está construido por elementos rectos que son:

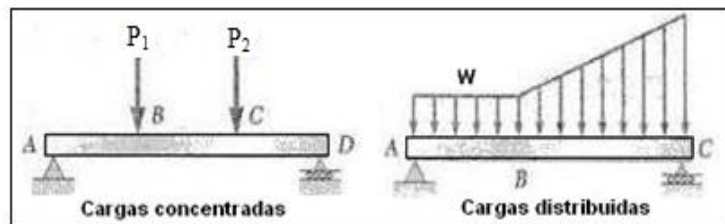
- Vigas; y
- Columnas.

a) **Las vigas.** Según el libro BEER página 363, las vigas son miembros estructurales diseñados para soportar cargas perpendiculares al eje del mismo y generalmente son barras prismáticas de secciones transversales constantes, largas y rectas, dispuestos horizontalmente sobre apoyos.

Una viga puede estar sujeta a cargas concentradas expresadas en newton (N), así como también a cargas uniformemente distribuidas a lo largo de la viga expresada en newton-metros (N/m), o a una combinación de ambas cargas, como se muestra en la figura 1.21.

Figura 1.21:

VIGAS EXPUESTAS A CARGAS CONCENTRADAS Y DISTRIBUIDAS



Fuente: Investigador

El libro de BEER página 160 menciona, que las cargas sobre las vigas producen esfuerzos y momentos flectores según las condiciones de apoyos y conexiones a que estén expuestos sus extremos, a continuación se describen los esfuerzos más comunes producidos, suponiendo una viga con una carga P central, para su mejor entendimiento se ilustran las figuras en el anexo B-8.

- Una viga apoyada libremente (sin ningún tipo de conexión) sobre rodillos únicamente presentan fuerzas cortantes, en este caso R_A y R_B ;
- Una viga apoyada y conectado o sujetado mediante un pasador se producirán esfuerzos cortantes R_A y R_B y fuerzas axiales o normales en el eje x N_A y N_B ;

- Una viga dispuesta sobre apoyos fijos (soldado o empotrado) se producirán esfuerzos cortantes R_A y R_B , esfuerzos axiales N_A N_B y momentos flectores M_A y M_B .

b) Las columnas. El libro de JACK C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” página 126, describe que las columnas son elementos rectos estructurales generalmente largos y esbeltos de sección transversal constante que están dispuestos verticalmente y son diseñados para soportar cargas axiales a compresión (cargas centrales). Unas de las principales fallas que se presenta en las columnas es el pandeo, por lo tanto, estas deben estar diseñadas para soportar esfuerzos axiales máximos y de desplazamientos dentro de límites tolerables.

5) *Viga Riel*

La viga riel es la parte donde el polipasto se monta y servir de camino o riel en toda su longitud para ubicarse la carga en el punto requerido, estas vigas pueden ser:

- Vigas rieles fijas ; y
- Vigas rieles móviles.

a) Vigas rieles fijas. Son viga que se mantienen fija en el punto sujetado, por ejemplo: Una viga riel sujeto a dos columnas de un galpón o sujeto en una losa.

b) Vigas rieles móviles. Son vigas que están unidos a los testeros (pequeñas vigas laterales con ruedas motrices y guías) y son desplazables sobre las vigas longitudinales denominados como de rodadura. Estas vigas rieles son construidas de uno o dos vigas y son conocidos como vigas principales.

6) *Polipastos Eléctricos*

El manual R&M de “Grúas Modulares QX”, describe que el polipasto es una máquina eléctrica de funcionamiento discontinuo destinado a llevar y a desplazar las cargas suspendidas en su gancho o cualquier otro accesorio. Esta máquina está constituida por dos mecanismos:

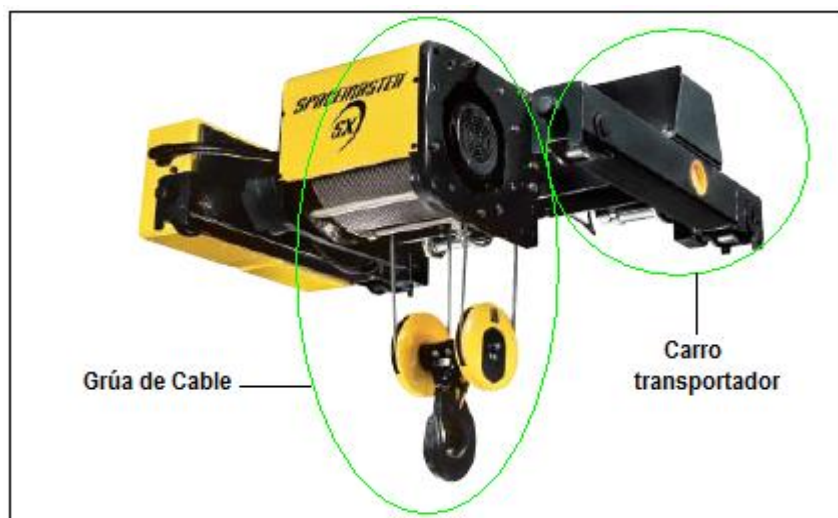
- Carro transportador; y
- Grúa de cable.

a) Carro transportador. El transportador permite desplazar a la grúa sobre o debajo de toda la longitud de la viga riel y está constituido por un sistema motriz y vigas con ruedas como se muestra en la figura 1.22.

b) Grúa de cable. Es un mecanismo basado en el principio de un polipasto, que es formado por la combinación de un sistema de poleas fijas, móviles que es recorrida por un cable de acero que tiene en uno de sus extremos anclados a un punto fijo y otro extremo sujeto a una fuerza que es un tambor giratorio que permitir el izaje del cable, para de esta manera elevar la carga.

Figura 1.22:

POLIPASTO ELÉCTRICO PARA PUENTE GRÚA BIRRIEL



Fuente: www.rmhoist.com ; Grúas Modulares QX; R&M MATERIALS HANDLING INC; 16-08-09.

Además este mecanismo está constituido de un gacho fabricado de acero fundido, que está unido una polea móvil mediante un pasador, y el gancho a su vez puede ser fijo o giratorio.

1.4.3.3 Selección del Sistema de Elevación

Según el manual R&M de “Grúas Modulares QX”, para que un sistema de elevación realice un trabajo eficiente dentro del área productiva se debe considerando los siguientes aspectos para su selección.

- El grado de Movimiento;
- Capacidad;
- Tipo de Viga riel;
- Velocidad de avance;
- Alimentación eléctrica;
- Longitud de Izamiento; y
- Tipo de control.

8) Grado de Movimiento

El grado de movimiento se refiere a los movimientos que dispone sistema de elevación, cuyos movimientos puede ser de elevación, translación lateral y longitudinal; los grados de movimiento debe ser determinado según la necesidad para realizar un trabajo.

9) Capacidad

La capacidad adecuada del sistema de elevación permitirá aumentar la vida útil y mejor rendimiento del mismo, y se debe seleccionar tomando en cuenta la carga mayor a elevar y mover. La tabla de características del polipasto que se muestra en el anexo D-3 ayudará a seleccionará un polipasto adecuado.

10) Tipo de Viga Riel

Los sistemas de elevación de tipo puente grúa según su capacidad puede ser para una o dos vigas y estas pueden ser fijas o desplazables; esto permitirá determinar si el puente grúa es monorriel o birriel.

11) Velocidad

La velocidad de izamiento del tambor y del avance del carro transportador en las grúas depende para que el trabajo o proceso sea realizado en un tiempo optimo, por tal razón, se debe considerar que ha velocidad muy lenta el tiempo de trabajo es mayor y una velocidad muy rápida el tiempo de trabajo menor pero con la desventaja que la carga que transporta tendrá a balancearse.

12) Alimentación Eléctrica

La acometida eléctrica o alimentación existente en el medio donde se piensa instalar el equipo o maquinaria se debe considerar para la selección.

13) Longitud de Izamiento

La longitud de izamiento en los sistemas de elevación hacen que sea funcional en permitiendo elevar y mover cargas desde diferentes alturas, esta longitud vienen determinado por el propio fabricante.

14) Tipo de Control

Se refiere a que se debe seleccionar el sistema de elevación con un tipo de control o mando eléctrico acorde a los necesidad del caso, estos pueden ser controlados desde piso mediante una botonera alambica o inalámbrica, así como desde una cabina de control fija o movable a lo largo de la viga.

1.5 ANÁLISIS DE LOS PÓRTICOS METÁLICOS

En este tema se presentará algunos enunciados, leyes, métodos y ecuaciones que ayudaran la solución analítica de esfuerzos y momentos flectores de los pórticos metálicos, para posteriormente seleccionar el tamaño adecuado de la sección transversal de los elementos que conformara dicho pórtico.

1.5.11 Determinación de Cargas de Trabajo

El libro de SHIGLEY de “Diseño en Ingeniería Mecánica” página 29, menciona que Instituto Americano del Acero de Construcción (AISC) es considerada como institución u organismo principal que establece códigos para el diseño y construcción de estructuras de acero, por tanto, antes de comenzar el análisis de esfuerzos sobre cualquier tipos de estructura se debe determinar primeramente las carga que va a soportar y estas cargas pueden ser muertas o vivas mas detalles ver en anexo B-9; y esta estimación se consigue mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

Donde:

F : Fuerza o carga total, en newton [N];

$\sum W_m$: Sumatoria de las cargas muertas, en newton [N];

$\sum W_y$: Sumatoria de todas las cargas vivas estacionarias o estáticas, en newton [N];

$\sum K F_y$: Resultante de las fuerzas de impacto o cargas dinámicas, en newton [N];

F_w : Cargas de viento sobre la estructura, en newton [N]; y

$\sum F_{div}$: Sumatoria de cargas de los efectos de los temblores, huracanes u otras condiciones regionales extraordinarias, en newton [N].

Los valores de factores de servicios del AISC K proporcionan un grado adicional de seguridad para las cargas dinámicas, los valores K están determinados en la tabla D-4 del anexo D.

1.5.12 Equilibrio de un Cuerpo Rígido

Según el libro SHIGLEY página 105 define, que un cuerpo rígido o un sistema estará en equilibrio o reposo cuando la suma vectorial de todas las fuerzas externas que actúa sobre ella es igual a cero. Esta ley está determinada por las siguientes ecuaciones vectoriales:

$$\sum F = 0 \quad ; \quad \sum M = 0 \quad \text{[Ec: 1.2]}$$

Donde:

$\sum F$: Sumatoria de fuerzas, en newton [N];

$\sum M$: Sumatoria de momentos, en newton por unidad de longitud [N-m].

1.5.13 Momentos en un Punto o Eje

El libro de BEER “Mecánica Vectorial para Ingenieros” página 81, describe que el momento o par es una fuerza perpendicular que tiene dirección y sentido (vector) que hace mover a un cuerpo alrededor de su propio eje, por lo tanto existe una distancia x entre el eje $O-O$ y la fuerza F . La magnitud del momento esta mediante la siguiente ecuación:

$$M = F * x \quad \text{[Ec: 1.3]}$$

Donde:

M : Momento, en newton por unidad de longitud [N-m];

F : Fuerza, en newton [N]; y

x : distancia de brazo, en metros [m].

El sentido del momento depende del sentido de F que hace girar el cuerpo que está determinado por la regla de mano derecha, donde es positivo (+) cuando tiene sentido antihorario y es negativo (-) cuando tiene sentido horario.

1.5.14 Esfuerzos Cortantes y Momentos Flexionante en Vigas

Según el libro de JAMES M. GERE “Mecánica de Materiales” página 269, define que los esfuerzos cortantes y momentos flexión son esfuerzos internos que producen deformación en la sección transversal de una viga, estos esfuerzos son producidos por aplicación de fuerzas o cargas transversales sobre el eje neutro de la viga, depende del tipo de carga y las condiciones que estén restringidas (apoyadas) los extremos de las vigas.

Para entendimiento se hace una explicación, considerando una viga en voladizo AB cargado con una fuerza P en su extremo libre como se muestra en la figura 1.23, en la cual la viga es cortada en la sección transversal mn localizada a una distancia x del extremo libre, juego aislamos la parte izquierda de la viga como un cuerpo libre para representar las respectivas reacciones R_A , fuerza cortante V y momento flexionante M que actúan en el plano de la viga, y estos esfuerzos se analiza con las siguientes ecuaciones de equilibrio:

$$P - V = 0 \quad [\text{Ec: 1.4a}]$$

$$M - P x = 0 \quad [\text{Ec: 1.4b}]$$

Donde:

V : Fuerza cortante, en newton [N];

P : Peso, en newton [N] o $[\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2]$; y

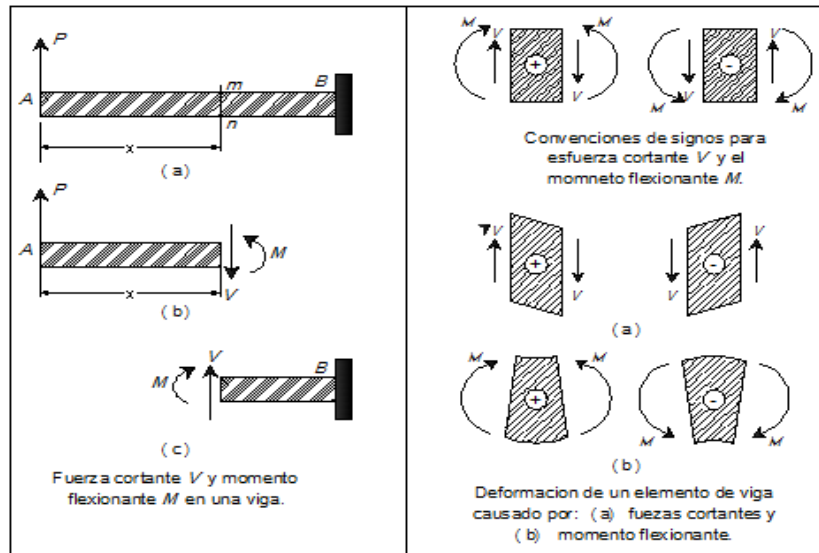
x : Distancia del momento, en metros [m].

La convención de signos determina si las fuerzas cortantes y momentos flexionante son positivos o negativos. En la figura 1.23 se observa que la fuerza contante V el momento flexionante M es positivo (+) cuando la fuerza tiende hacer girar al material en sentido horario y las fuerzas de M tiende a comprimir

la parte superior de la viga y alargarse en la parte inferior, y los esfuerzos de V y M serán negativo (-) cuando sus fuerzas actúen lo contrario del positivo.

Figura 1.23:

REPRESENTACIÓN DE FUERZAS CORTANTES Y MOMENTO FLEXIONANTE



Fuente: Investigador

1.5.15 Esfuerzo Normal en Elementos Estructural

El libro de JAMES M. GERE “Mecánica de Materiales” página 3, define que el esfuerzo normal en una barra prismática (elemento estructural) de acero es proporcional de la fuerza o carga axial P que esta uniformemente distribuido sobre el área de la sección transversal; el esfuerzo normal será de tensión o compresión como se muestra en el grafico del anexo B-10, y su magnitud se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{[Ec: 1.5]}$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal, en newton por unidad de área [N/m^2];

P : Fuerza axial, en newton [N]; y

A: Área de la sección transversal, en metros cuadrados [m²].

1.5.16 Resistencia del Material

Según el libro de SHIGLEY página 27, define que la resistencia es una propiedad mecánica del material o elemento mecánico que es obtenido por ensayos de tensión en una probeta (Instrumentos de ensayos) y aplicando la ecuación del esfuerzo normal, mediante este ensayo se obtiene la resistencia o el esfuerzo de material que esta expresado en un diagrama típico de “esfuerzo-deformación unitario” del acero, el detalle de este diagrama se muestra en el anexo B-11.

La designación general de la resistencia se hace con la letra S_y (resistencia de fluencia). Los valores de las resistencias a las fluencias mínimas S_y de los aceros se listan en la tabla de propiedades de los aceros que se muestra en el anexo D-5.

1.5.17 Esfuerzo Permisible

El libro de JAMES M. GERE de “Mecánica de Materiales” página 39, define que esfuerzo permisible también conocido como esfuerzo admisible es una cierta fracción del esfuerzo mínimo de fluencia del material, (resistencia de fluencia), este esfuerzo permisible puede ser normal o cortante según el requerimiento de diseño la cual está determinada por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{\sigma_{\text{max}}}{SF} \quad [\text{Ec: 1.6a}]$$

$$\sigma_{\text{max}} = F_b = 0.6 S_y \quad [\text{Ec: 1.6b}]$$

Donde:

σ_{perm} : Esfuerzo permisible normal, en newton por unidad de área [N/m²];

σ_{max} : Esfuerzo máximo, en newton por unidad de área [N/m²];

SF : factor de seguridad;

S_y : Resistencia de fluencia del material, en newton por unidad de área [N/m²];

F_b : Esfuerzo de diseño a tension; en newton por unidad de área [N/m²]; y

S_y : Resistencia de ultimo del material, en newton por unidad de área [N/m^2].

El SF es la relación entre resistencia real (S_y o S_u) y la resistencia requerida (σ_{perm} o τ_{perm}) y este factor de seguridad es determinado por la experiencia, pero en otros casos son establecidos por códigos y especificaciones que puede ser desde un poco mas de 1.0 hasta 10 dependiendo de las circunstancias del diseño.

1.5.18 Cargas Admisibles

La carga admisible también llamado carga permisible, en elementos a tensión y compresión (siempre que sean cargas centrales en el área de sección) es igual al esfuerzo permisible por el área de sección transversal sobre la que actúa, quedando así la ecuación:

$$P_{adm} = \sigma_{perm} * A \quad [Ec: 1.7]$$

Donde:

P_{adm} : Carga admisible, en newton [N];

σ_{perm} : Esfuerzo permisible, en newton por unidad de área [N/m^2]; y

A : Area de la sección transversal del elemento, metros cuadrados [m^2].

1.5.19 Esfuerzo Normal por Flexión en Vigas

El libro SHIGLEY página 113, dice que el esfuerzo normal por flexión en vigas es cuando: la viga está sometida a flexión pura, el material es isotópico y homogéneo, la viga inicialmente es recto con sección transversal constante en todo en su longitud, y la sección transversal de la viga permanece plana durante la flexión es decir tiene nula deformación.

El esfuerzo flexionante máximo σ en una viga es, directamente proporcional a la distancia y ($y = c = y_{max}$) desde el eje neutro y por el momento flexionante M e

inversamente al momento de inercia de como se muestra en el grafico del anexo B-10, a continuación se presenta su ecuación:

$$\sigma = \frac{M c}{I} = \frac{M}{Z} \quad [\text{Ec: 1. 8a}]$$

Donde:

σ : Esfuerzo norma por flexión, en newton por unidad de área [N/cm²];

M : Momento de flexionante, en newton por unidad de longitud [N-m];

c : Distancia desde el eje neutro al extremo y_{max} del elemento, en metros [m];

I : Momento de inercia respecto al eje y , en metros a la cuarto potencia [m⁴]; y

Z : Módulo de sección, en metros a la tercera potencia newton [m³].

Para complementar con el estudio de esta sección se describe los conceptos momentos de sección y momento de inercia.

1.5.19.1 Módulo de Sección

El módulo de sección es una propiedad geométrica de una sección transversal cualquiera. El módulo de sección de un perfil de rectangular cualquiera esta determinado mediante la siguiente ecuación básica que se presenta continuación:

$$Z = \frac{b * h^2}{6} \quad [\text{Ec: 1. 9a}]$$

Donde:

Z : Módulo de sección, en metros a la tercera potencia [m³].

b : Longitud de base de la sección , en metros [m];

h : Longitud de altura de la sección, en metros [m];

d : Longitud del diámetro de la sección circular , en metros [m]; y

6: Constantes.

1.5.19.2 Momento de Inercia

Según el libro de JAMES M. GERE de "Mecánica de Materiales" página 853, enuncia que el momento de inercia también es llamado segundo momento, en una sección transversal de un perfil rectangular o cuadrado respecto a un eje paralelo x o y del centro de gravedad está determinado mediante la ecuación básica que se presenta continuación:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad [\text{Ec: 1.10a}]$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} \quad [\text{Ec: 1.10b}]$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto eje paralelo x , en metros a la cuarto potencia $[\text{m}^4]$;

I_y : Momento de inercia respecto eje paralelo y , en metros a la cuarto potencia $[\text{m}^4]$;

B : Base del cuadrado, en metros $[\text{m}]$; y

h : Altura del cuadrado, en metros $[\text{m}]$.

Para calcular el momento de Inercia de las diferentes formas de secciones de los perfiles laminados en el anexo B-12 se presenta las respectivas ecuaciones.

1.5.20 Centros de Gravedad

El libro de SPOTTS M.F "Elementos de Maquinas" página 24 menciona que el centro de gravedad en las superficies de los perfiles metálico también es otra propiedad geométrica, que consiste en determinar punto centro C en el eje x o y según el requerimiento designándolo \bar{x} y \bar{y} respecto al centro. Para encontrar los C en la seccione transversal del perfil W se aplica la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{b}{2} \quad [\text{Ec: 1.11a}]$$

$$\bar{y} = \frac{h}{2} \quad [\text{Ec: 1.11b}]$$

Donde:

\bar{x} = Centro de gravedad en el eje x , en metros [m];

\bar{y} = Centro de gravedad en el eje y , en metros [m];

b = Ancho de la sección del perfil, en metros [m]; y

h = Altura de la sección del perfil [m].

En anexo B-12 muestra las ecuaciones para calcular centro de gravedad para cada forma de sección transversal de los perfiles.

1.5.13 Dimensionamiento del Tamaño de Elementos

Según el AISC para dimensionar el tamaño de la sección transversal de un elemento o miembro se debe considerar que el esfuerzo de diseño calculado a partir de la fuerza F no debe exceder el esfuerzo permisible del material, que esta expresado por la siguiente ecuación:

$$\sigma \leq \sigma_{perm} \quad [\text{Ec: 1.12}]$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal, en newton por unidad de área [N/m^2]; y

σ_{perm} : Esfuerzo permisible, en newton por unidad de área [N/m^2];

1.5.14 Fórmulas Para el Diseño de Columnas

Según el libro JAMES M. GERE “Mecánica de Materiales” página 751, menciona que la columnas deben ser diseñadas para soportar el pandeo, y el pandeo en las columnas es la flexión o deflexión excesiva de forma lateral producida por cargas axiales. Y bajo la carga axial creciente la deflexión lateral también aumenta y la columna termina por fallar completamente.

Considerando una columna ideal con extremos articulados y sometiendo a cargas de axiales P y carga crítica P_{cr} , se tendrá el siguiente comportamiento:

Si $P < P_{cr}$, la columna está en equilibrio estable en posición recta.

Si $P = P_{cr}$, la columna está en una posición ligeramente flexionada.

Si $P > P_{cr}$, la columna está inestable y se pandea ante la más pequeña perturbación.

Lo cual, definimos para que una columna sea idealmente esbelta la carga real P debe ser menor que la carga permisible P_{perm} , como indica la ecuación:

$$P < P_{perm} \quad [\text{Ec: 1.13}]$$

Para el diseño de unas columnas seguidamente continuamos con el estudio de los siguientes conceptos.

1.5.14.1 Longitud Efectiva de Columnas

En el libro ROBERT L. MOTT “Diseño de Elementos de Maquinas” página 178, dice que la longitud efectiva es la longitud real de la columna entre los soportes que depende de la condición de fijación de sus extremos, que está determinado por una constante K descritos en el anexo B-13 y mediante la siguiente ecuación:

$$L_e = K * L \quad [\text{Ec: 1.14}]$$

Donde:

L_e : Longitud efectiva, en metros [m];

L : Longitud de la columna, en metros [m];

K : Constante de fijación de extremos.

1.5.14.2 Relación de Esbeltez Real

La relación de esbeltez real es la relación de la longitud efectiva de la columna con su radio de giro mínimo, y está expresado por la siguiente ecuación:

$$\left[\frac{KL}{r} \right] = \frac{L_e}{r} \quad [\text{Ec: 1.15}]$$

Donde:

L_e : Longitud efectiva, en metros [m];

(KL/r) : Longitud de la columna, unidad dimensional; y

r : Radio de giro mínimo, en metros [m].

1.5.14.3 Relación de Esbeltez Crítica

Según el libro de JAMES M. GERE “Mecánica de Materiales” página 787, menciona que la relación de esbeltez crítica es un parámetro que determina que una columna ideal se pandea elásticamente con la carga de Euler es válida de lo contrario si la columna se pandea inelásticamente excede en límite proporcional que es S_y , El valor de la relación de esbeltez crítica está determinado por la propiedad del material y aplicado en la siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{S_y}} \quad [\text{Ec: 1.16}]$$

Donde:

C_c : Relación de esbeltez crítica, unidad dimensional;

E : Modulo de elasticidad del material, en newton por unidad de área [N/cm^2]; y

S_y : Resistencia de fluencia del material, en newton por unidad de área [N/cm^2];

La relación de esbeltez crítica C_c es el punto medio entre la columna elástico e inelástico, al comparar con la relación de esbeltez normal (KL/r) ayuda a determinar el tamaño de longitud de columna (largo, mediano o corto), para mejor deducción ver diagrama de “esfuerzo de compresión promedio P/A versus la relación de esbeltez” que se muestra en el anexo B-14.

1.5.14.4 Esfuerzo Permisible de Compresión Para Columnas

El libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 299, describe que el esfuerzo permisible de compresión es igual un fracción del esfuerzo de fluencia del material S_y , que está determinado bajo la comparación de la relación de esbeltez real y esbeltez crítica, para poder aplicar la ecuación de esfuerzo de Euler que es un esfuerzo de pandeo (para columnas largas) o por la ecuación parabólica (para columnas cortas) que se presenta a continuación:

$$\frac{F_a}{FS} = \frac{S_y}{C_c^2} \left[1 - 0,5 \frac{(KL/r)^2}{C_c^2} \right] \rightarrow r \left[\frac{KL}{r} \right] < C_c \quad [\text{Ec: 1.17a}]$$

Donde:

$$\frac{F_a}{FS} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \rightarrow r \left[\frac{KL}{r} \right] > C_c \quad [\text{Ec: 1.17b}]$$

F_a = Esfuerzo permisible a compresión, en newton por unidad de área $[\text{N}/\text{m}^2]$;

S_y = Esfuerzo de fluencia del material, en newton por unidad de área $[\text{N}/\text{m}^2]$;

FS = Factor de seguridad;

(KL/r) = Relación de esbeltez real; en unidad dimensional;

C_c = Relación de esbeltez crítica; en unidad dimensional; y

E = Modulo de elasticidad, en newton por unidad de área $[\text{N}/\text{m}^2]$.

1.6 MATERIALES ESTRUCTURALES

Según la norma ASTM (American Society of Testing and Materials) menciona que los materiales utilizados para la construcción edificio, caminos, puentes grúas, recipientes de almacenamientos a presión, tuberías, automóviles y similares son los aceros al carbono de “calidad estructural”; esto aceros pueden ser placas, varillas y perfiles laminados en caliente, fabricados de hierro con bajo contenido de carbono y otros elementos aleantes, y además a estos acero para incrementar la resistencia mecánica son expuestos a procesos de tratamiento termomecánicos controlados (laminados en caliente), tratamientos térmicos (templado y revenido) y otros procesos que permiten aceros estructurales de los siguiente tipos.

- Aceros estructurales convencionales;
- Aceros estructurales de alto rendimiento.

1.6.1 Aceros Estructurales Convencionales

De acuerdo a las especificaciones ASTM, los aceros estructurales convencionales son aquellos que tienen un esfuerzo de fluencia baja menos de 40 Ksi (40000 psi) que está generalmente compuesto por 0,25% carbono C y 0,65 manganeso Mn, y son conocidos como aceros dulces o aceros de carbono simple. El acero más común de carbono simple es el A36 con un esfuerzo de fluencia mínima de 32 a 36 Ksi y en la tabla D-5 del anexo D muestra las propiedades mecánicas de estos aceros.

Los aceros de carbono simple son materiales (se refiere a las placas, varillas y perfiles laminados en caliente) de uso más común en la construcción de estructuras como por ejemplo: puentes, edificios y barcos. En la tabla D-6 del anexo D muestra los productos más comunes fabricados de aceros de carbono simple.

1.6.2 Aceros Estructurales de Alto Rendimiento

El libro de MANGONON PART L. “Ciencia de Materiales” página 460 y 754, define que los aceros estructurales de alto rendimiento son, aceros de baja aleación y alta resistencia (BARA) que tiene una resistencia de fluencia mínima de 40 a 120 Ksi y generalmente están compuestos de microaleados (como de columbio [Cb (Nb)], vanadio (V), titanio (Ti) y otros) y carbono normalmente menos del 0,10 %. Uno de estos aceros es el A440 que tiene una resistencia de fluencia mínima de 42 a 50 Ksi.

Los aceros de alto rendimiento es aquel que posee las propiedades deseables siguientes:

- Resistencia mecánica, ductilidad, tenacidad a la fractura, resistencia a la fatiga, resistencia a la corrosión y resistencia al fuego.
- Formabilidad, soldabilidad, y mejor comportamiento de la union soldada.
- Uniformidad de propiedades mediante tecnología de “aceros limpios” y control de procesos.

Los aceros de alto rendimiento por reducir la cantidad de material y los costos de manufacturación son utilizados en la construcción de edificios altos y puentes. En la tabla D-5 y D-6 del anexo D se muestra las propiedades mecánicas y los productos de estos aceros.

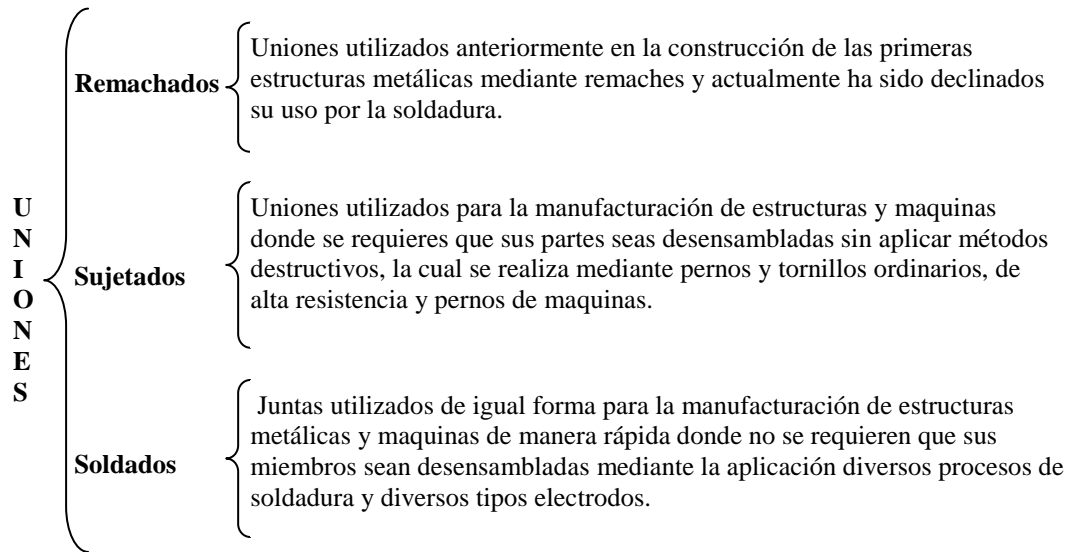
Según el libro de JACK C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” página 130, describe que los elementos estructurales pueden ser construidos por perfiles laminados en caliente o en frio. Los perfiles laminados en caliente son los ángulos, tees, platinas, perfiles W o I y perfiles U, generalmente denominados como miembros de sección abierta; los perfiles laminados en frio son los tubos cuadrados, rectangulares y redondos, canales U y correas G generalmente denominadas como miembros de sección hueca. Todas estas formas de perfiles han permitido construir miembros estructurales (vigas y columnas) de sección armada como se muestra el anexo B-15.

1.7 SISTEMAS DE UNIONES

La fabricación de estructuras y maquinas son realizados mediante el uso de uniones remachadas, sujetados y soldadas, cuya función es de mantener unidos a los miembros que conforman la estructura y soportar las diversas carga que actúan sobre la misma y cada tipo de unión tiene sus propias ventajas y aplicaciones. A continuación en la figura 1.24 se hace una breve descripción de cada unión o junta.

Figura 1.24:

TIPOS DE UNIONES PARA ESTRUCTURAS Y MAQUINAS



Fuente: Investigador.

Según el libro de SHIGLEY de “Diseño en Ingeniería Mecánica” página 434, menciona que para la construcción de los miembros de las estructuras metálicas y para el montaje de la misma se utiliza procesos de unión por soldadura, cuyo proceso puede ser hecho por soldadura de arco eléctrico o por gas.

1.7.1 La Soldadura

El libro de JACK C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” página 431, define que la soldadura es un proceso que consiste en unir dos piezas metálicas mediante el calentamiento de las superficies a unir hasta alcanzar un estado plástico, permitiendo de esta forma que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de un material de aporte.

La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) menciona que para especificar los procesos de soldaduras en planos o dibujos de ingeniería se realiza mediante el uso símbolos establecidos por normas de cada región, en el anexo B-16 se presenta la simbología de la soldadura.

Según la norma (AWS) los procesos de soldadura precalificados o aceptados:

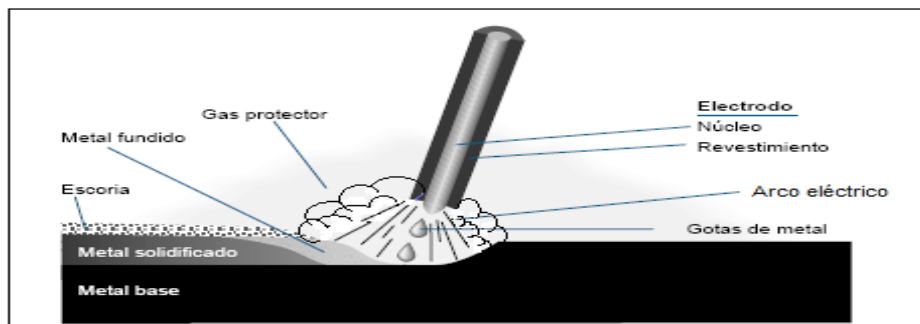
- SMAW: Soldadura por arco metálico protegido;
- SAW: Soldadura por arco sumergido;
- GMAG: Soldadura de arco metálico con gas; y
- PAW: Soldadura de arco plasma.

1.7.1.1 Proceso de Soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding)

La soldadura por arco metálico protegido, es el proceso más común y sencillo que se realiza manualmente utilizando una soldadora eléctrica, un metal de aporte recubierto (electrodo), para lo cual, se ponen en contacto los cables de masa y del electrodo con las piezas a unir para crear un arco eléctrico y fundir dentro de las juntas a medida que se lo realiza, como se muestra en la figura 1.25.

Figura 1.25:

ELEMENTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO



Fuente: INDURA; Manual de Soldadura.

El arco eléctrico es una chipa continua formada entre el electrodo y la pieza para provocar una fusión que funde al electrodo formando gotitas o globulitos de metal fundido que son forzadas por el arco hacia las piezas a unir para formar la soldadura. El gas producido entre el electrodo y la pieza que se suelda protege al metal fundido del contacto directo con el aire circundante mientras se enfría.

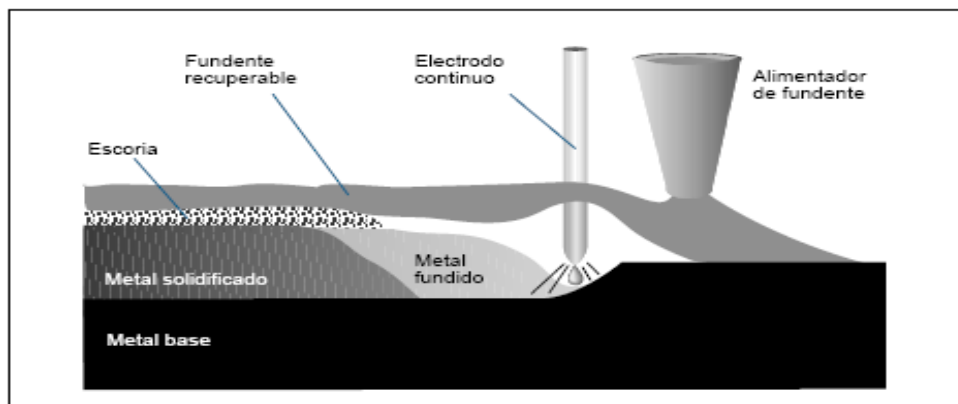
Los electrodos con recubrimiento pesado se utilizan normalmente en la soldadura estructural porque ofrecen una soldadura más fuerte, resistente a la corrosión y más dúctil que es electrodo de recubrimiento ligero, los mismos que son usados cuando no se intenta prevenir la oxidación y formación de escoria.

1.7.1.2 Proceso de Soldadura SAW (Submerged Arc Welding)

Según el libro de JACK C. McCORMAC “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” página 436, define que el proceso de soldadura por arco sumergido que es realizado automáticamente, mediante una fuente de potencia que lleva electrodo desnudo envuelto en un carrito (electrodo continuo) y una tolva que contiene material granular fundible, en este proceso el arco está cubierto por un montículo de material quedando oculto a la vista.

Figura 1.26:

ELEMENTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO



Fuente: INDURA; Manual de Soldadura.

Este proceso se caracteriza por su elevado régimen de reposición de soldadura, es empleado cuando se requiere de soldar metales de gran espesor a alta velocidad, proporcionando una penetración total del electrodo y ofreciendo una soldadura de alta resistencia al impacto, la corrosión y buena ductilidad. La desventaja de este proceso es que requiere ser realizado en posición horizontal.

1.7.1.3 Proceso de Soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding)

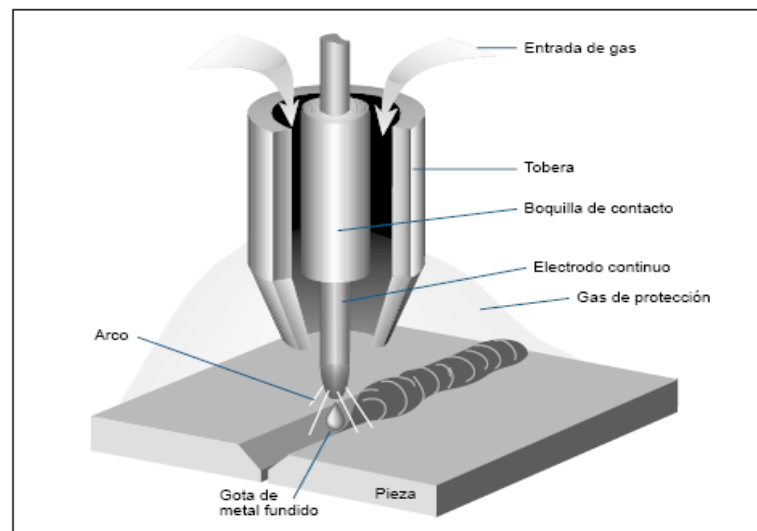
Es la soldadura de arco metálico con gas, es un proceso manual o semiautomático que consiste en aislar el arco y el metal fundido de la atmosfera mediante un gas inerte o activo (argón, helio, hidrogeno, anhídrido carbónico, etc.) creando un recubrimiento total en la zona de fusión, este proceso es realizado por una fuente de potencia, un tanque de gas y electrodo continuo. Las soldaduras que tienen este tipo de proceso se denominan:

- MIG = Utiliza electrodo consumible y protección de gas inerte argón; y
- MAG = Utiliza electrodo consumible y protección de gas activo CO₂.

1) Sistema MIG (Metal Inert Gas)

Figura 1.27:

ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SOLDADURA MIG



Fuente: INDURA; Manual de Soldadura.

Según el libro de JOSE M. LÓPEZ de “Soldaduras, Uniones y Calderería” página 44 y 45, define que este sistema es un proceso por arco, donde la fusión se produce por el calentamiento entre un electrodo continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene por un gas inerte argón o helio que es suministrado

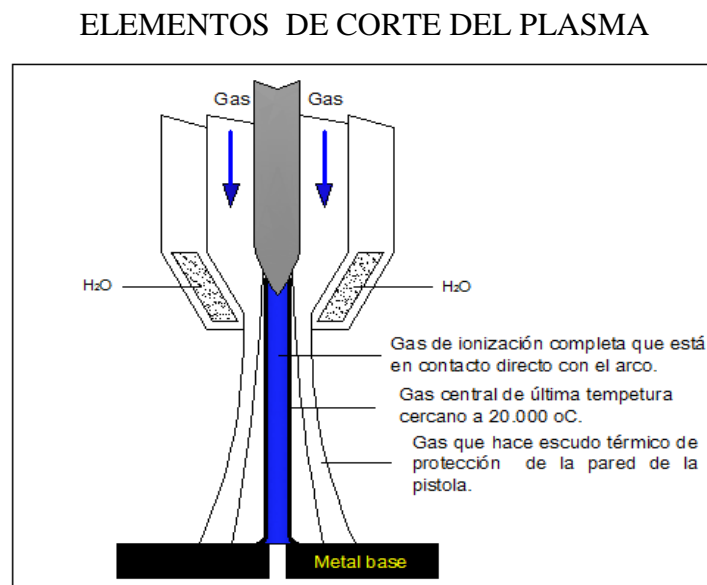
en forma externa, el cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica ayuda a estabilizar el acero, como se muestra en la figura 1.27. Este proceso tiene la ventaja de soldar a velocidad, no deja escoria.

2) Sistema MAG (Metal Active Gas)

Este sistema de soldadura es igual que el proceso MIG utiliza los mismos elementos pero diferente gas protector que es un gas activo (anhídrido carbónico CO_2). La calidad de la soldadura es baja respecto al MIG pero es veloz y de fuerte penetración, y es utilizado para soldadura de aceros comunes de notable espesor.

1.7.1.4 Proceso de Soldadura PAW (Plasm Arc Welding)

Figura 1.28:



Fuente: Investigador.

Es un proceso de corte y soldadura por arco, que es realizado por el principio de la ionización “producido por el calentamiento de los átomos y las moléculas de un gas con el arco eléctrico para aumentar la energía cinética (de movimiento) y liberarlo violentamente”, entonces a cualquier atmosfera gaseosa ionizada recibe el nombre de plasma. El fenómeno de ionización en el plasma se obtiene utilizando

una fuente de calor por arco eléctrico y un gas que generalmente es aire comprimido.

El equipo plasma está constituido por una pistola de forma cilíndrica que en su interior se encuentra fijado un electrodo de tungsteno, una fuente de poder y un dispositivo de gas.

1.7.2 Tipo de Juntas

Según la norma AWS, los tipos de juntas soldadas que se utilizan con mayor frecuencia para la construcción de estructuras metálicas son de tres tipos.

- Junta o union de tipo filete;
- Junta o union de tipo tope; y
- Junta o union de tipo tope con bisel.

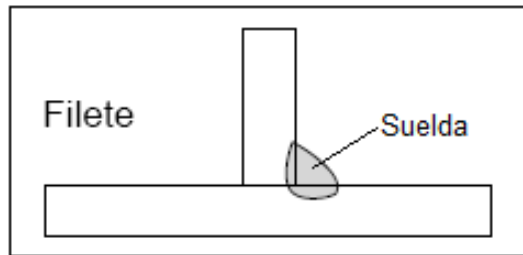
1.7.2.1 Junta de tipo Filete

El libro de JACK C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” página 441, enuncia, que las soldaduras de tipo filete se caracteriza por ser resistentes a la tensión y a la compresión y no al corte, permitiendo unir piezas dispuestos de forma perpendiculares entre ellas, por tanto, son las más comunes usados para procesos construcción y montaje de estructuras metálicas puesto que aquí se presentan miembros dispuestos de forma perpendicular.

Para que la soldadura de filete sea eficiente se debe hacer en un filete de 45° o lados iguales y con la superficie exterior del filete plana o ligeramente convexa ya que proporcionará mayor resistencia.

Figura 1.29:

UNIÓN SOLDADA DE TIPO FILETE



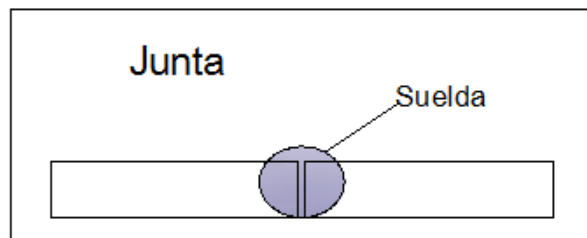
Fuente: Investigador.

1.7.4.2 Junta de tipo Tope

Las soldaduras tope son utilizadas para realizar uniones planas o alineadas en piezas de material relativamente delgado, de hasta aproximadamente de 5/16 Pulg de espesor como se muestra en la figura 1.30.

Figura 1.30:

UNIÓN SOLDADA DE TIPO JUNTA



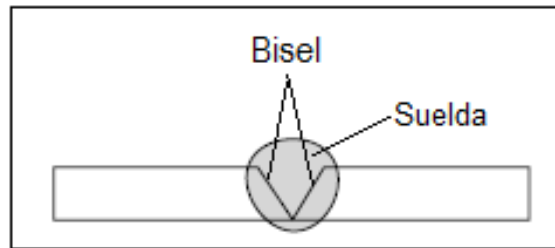
Fuente: Investigador.

1.7.4.3 Junta de tipo Tope con Bisel

Las soldaduras de tipo bisel se caracterizan por ser resistentes a la tensión, compresión y al impacto y se utilizan para uniones planas y perpendiculares de piezas con espesores mayor de 5/16 como se muestra en la figura 1.31, pero para ser efectuadas requieren ser preparadas los bordes a unir (bordes biselados).

Figura 1.31:

JUNTA SOLDADA DE TIPO TOPE CON BISEL



Fuente: Investigador.

Las soldaduras de tipo junta con bisel generalmente son penetración completa. En el anexo B-17 se presenta varias formas de los tipos de uniones soldadas y su representación simbólica.

A demás, la soldadura aparte del tipo de unión que se realizan estas pueden estar dispuestas en varias posiciones para la operación de soldadura por tal razón se pueden clasificar como: planas, horizontales, verticales, superior o sobrecabeza.

1.7.3 Electrodo Para Soldar

Los electrodos son elementos para proceso de soldadura, cuya función es servir de pegamento o material de aporte, son fabricados con o sin revestimiento mediante proceso de extrusión utilizando un núcleo de acero y como revestimiento un material mineral-orgánico, dando así al electrodo sus características específicas.

En el mercado existen una gama de electrodos para soldar diversos tipos de materiales metálicos, los mismos que están especificados por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) para la correcta aplicación, a continuación en la figura 1.32 se hace una clasificación general de la especificación AWS, el cual, determina las normas de aplicaciones.

Figura 1.32:

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS NORMAS AWS

CLASIFICACIÓN DE LAS NORMA AWS	AWS: A5.1-91	Electrodo revestido de acero al carbono, utilizado para soldadura de aceros al carbono.
	AWS: A5.5-96	Electrodo revestido de acero de baja aleación, para soldadura de aceros de baja aleación.
	AWS: A5.4-92	Electrodo revestido de acero al cromo, y cromo-níquel, para soldadura de aceros inoxidable.
	AWS: A5.15-90	Electrodo revestido para soldadura hierro (Fe) fundido.
	AWS: A5.2-92	Electrodo varilla de aporte (sin recubrimiento), para soldadura con oxiacetilénico y TIG.
	AWS: A5.17-97	Electrodo continuo y fundente para soldadura de arco sumergido.
	AWS: A5.18-93	Electrodo continuos de acero dulce, para soldadura protegidos por gas, sistema MIG y MAG.

Fuente: Investigador.

El manual de INDURA de “Manual de Soldadura” página 26, enuncia que los factores que se deben considerar para la selección de un electrodo son:

- Tipo de metal a soldar;
- Proceso de soldadura a usar; y
- Las propiedades mecánicas electrodo y del metal a soldar.

Para identificar la propiedad mecánica del electrodo se consigue descifrando las siglas impresas en la misma. Las siglas representados por letras y números ayudan a identificar la resistencia de tracción, el procesos de soldadura, la posición del

electrodo para soldar y el tipo de revestimiento, y otras especificaciones que se pueden conocer por catálogos de cada fabricante.

Considerando que el proceso SMAW y GMAW son soldadura utilizados para la manufacturación de las estructuras metálicas y sabiendo que requieren electrodo revestido y desnudo respectivamente, en la figura 1.33 se representa un ejemplo de identificación de estos electrodos.

Figura 1.33:

IDENTIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS PARA PROCESO SMAW Y GMAW

Electrodo del proceso SMAW	Electrodo del proceso GMAW
E-6011	ER- 70S-6
E-XXXX : Electrodo revestido.	EX-XXX-X : Indica Electrodo.
X-60XX : Resistencia mínima a la tracción en miles de libras/pulg ² .	XR-XXX-X : Varilla o Alambre continuo
X-XX1X : Posición del electrodo para soldar.	XX-70X-X : Resistencia mínima a la tracción en miles de libras/pulg ² .
X-XXX1 : tipo de revestimiento del electrodo.	XX-XXS-X : Tipo de alambre (Sólido).
Nota: Los electrodos revestidos de acero aleación baja tiene la misma identificación que los electrodos de acero al carbono con excepción que tiene una letra y un número adicional, ejemplo E-7018-A1.	XX-XXX-6 : Composición química especial del electrodo.
X-XXXX-A1 : Composición química del metal depositado en porcentaje.	

Fuente: Investigador.

Según el libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 469, considera, que para realizar soldadura con el proceso SMAW en la construcción y montaje estructuras de acero generalmente se utilizan electrodos revestidos E70 que tienen una resistencia última de tracción del metal de la soldadura 70 Ksi (esfuerzo ultimo de soldadura $F_{u(elect)}$ se toma que es igual a S_y ($elect$)) que son compatibles con los aceros que tienen un grados de hasta 60 Ksi de resistencia de fluencia S_y .

1.7.4 Análisis del Tamaño de la Soldadura

Según libro de ROBERT L. MOTT de “Diseño de Elementos de Maquinas” página 767, el análisis de la soldadura consiste en determina el tamaño adecuado de soldadura que tendrá la junta cuando se realice trabajos de ensamblado, para iniciar con este análisis se debe conocer las cargas en los ensamblajes, los tipos de materiales de la soldadura y del elemento a soldar así como la geometría de ensamble.

Considerando que un ensamble generalmente existen juntas soldadas a tope y de filete. Se determinan que las juntas a tope con o sin bisel permiten hacer una union soldada del mismo espesor nominal de las partes que se unen, por tal razón, se considera que este tipo juntas soldadas son más resistentes que el metal soldado. Por esta razón, las juntas a tope no requieren hacer ningún análisis especial del tamaño de soldadura si se demuestra que los elementos a ser soldados son seguros o seleccionados correctamente.

Las juntas de filete si requieren de un análisis porque están sometidas a cargas de corte que pueden fallar a lo largo de la dimensión más corta de la raíz de la soldadura hasta la cara teórica. El objetivo del análisis de la soldadura de filete es especificar la longitud de lado del filete, la forma de la soldadura, y su longitud. Para el análisis de la soldadura de filete se debe tratar como una línea que no tiene espesor, determinar la fuerza máxima por pulgada de longitud de lado soldado y compara la fuerza real con una fuerza permisible para calcular la longitud de lado del filete.

A continuación se describe cada uno de estos requerimientos que ayudarán para el análisis del tamaño de la soldadura.

1.7.4.1 Esfuerzo Cortante Permisible Para Soldadura

El esfuerzo cortante permisible para una soldadura de filete se calcula porque este tipo de soldadura tiene que soportar esfuerzos cortantes, por eso es necesario comprobar que haya suficiente material de soldadura (aporte) para resistir dichos esfuerzos cortantes. Según la especificación AISC el esfuerzo cortante permisible se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_{perm.(elect)} = 0,3 F_{u(elect)} \quad [Ec: 1.18]$$

Donde:

$\tau_{perm.(elect)}$: Esfuerzo cortante permisible de soldadura; en newton por unidad de área [N/m²]; y

$F_{u(elect)}$: Esfuerzo último del electrodo; en newton por unidad de área [N/m²].

El esfuerzo permisible cortante también puede ser determinado mediante tablas que se muestra en la tabla D-7 del anexo D.

1.7.4.2 Tamaño de Soldadura

Según el libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 472, menciona que, la soldadura debe tener un tamaño mínimo, basado en el espesor del metal base. Esto se hace para asegurar un calentamiento y enfriamiento adecuado del área de la soldadura, de manera que la soldadura ni el metal base se cristalicen y tiendan a agrietarse debido a la insuficiente fusión de la soldadura en el metal base. El tamaño de la soldadura de filete se determina por las siguientes ecuaciones.

$$D = \frac{f_R}{e^* \tau_{perm.(elect)}} \quad [Ec: 1.19a]$$

$$G_w = D^*e \quad [Ec: 1.19b]$$

Donde:

D : Tamaño del lado de la soldadura de filete; en unidad de longitud [m];

$\tau_{perm.(elect)}$: Esfuerzo cortante permisible de la soldadura; en newton por unidad de área [N/m²];

f_R : Esfuerzo resultante por carga; en newton por unidad de área lineal [N/m];
 G_w : Garganta de la soldadura de filete; en unidad de longitud [m]; y
 e : Constante para soldadura de filete (0,70711).

Para mejor entendimiento de la ecuación 1.19 ver gráfico que se muestra en el anexo B-10. El tamaño de la soldadura de filete también es determinado por la tabla D-8 especificado por el AWS y AISC del anexo D.

1.7.4.3 Factorización de los Esfuerzos en la Soldadura Debido a la Carga

El libro de ROBERT L. MOTT “Diseño de Elementos de Maquinas” página 771, considera que la soldadura puede estar expuesto a esfuerzos de tensión directa o compresión, flexión o torsión; por tal razón, se debe analizar para por separado para cada tipo de esfuerzo a fin de determinar la fuerza por pulgada de tamaño de soldadura debido a cada carga y después las fuerzas combinar vectorialmente para calcular la fuerza máxima. Para analizar cada una de estas fuerzas se aplicaran las siguientes ecuaciones.

$$f_a = P/A_w \quad [\text{Ec: 1.20a}]$$

$$f_v = V/A_w \quad [\text{Ec: 1.20b}]$$

$$f_b = M/Z_w \quad [\text{Ec: 1.20c}]$$

$$f_R = \sqrt{f_a^2 + f_v^2 + f_b^2 + f_t^2} \quad [\text{Ec: 1.20d}]$$

Donde:

f_a : Esfuerzo de tensión directa o compresión; en newton por unidad de área lineal [N/m];

f_v : Esfuerzo de corte vertical directo; en newton por unidad de área lineal [N/m];

f_b : Esfuerzo de flexión; en newton por unidad de área lineal [N/m];

f_t : Esfuerzo de torsión; en newton por unidad de área lineal [N/m];

f_R : Esfuerzo resultante por carga; en newton por unidad de área lineal [N/m];

P : Peso o fuerza; en newton [N];

A_w : Area de soldadura, en unidad de área lineal [m];

V : Fuerza cortante en newton por unidad de área [N/m²];

M : Momento flexionante, en newton por unidad de longitud [N-m]; y

Z_w : Modulo de sección de la soldadura, en metros a la segunda potencia [m²].

1.7.4.4 Area, Módulo de Sección y Momentos de Soldadura

El libro de ROBERT L. MOTT “Diseño de Elementos de Maquinas” página 770, menciona que para encontrar las propiedades geométricas como A_w , Z_w y J_w de la soldadura se debe tratar a la soldadura según su geometría de sección, para lo cual se aplica las siguientes ecuaciones para la geometría I o W.

$$A_w = 2b + 2d \quad [\text{Ec: 1.21a}]$$

$$Z = hd + d^2/3 \quad [\text{Ec: 1.21b}]$$

$$J_w = (b^3 + 3bd^2 + d^3) / 6 \quad [\text{Ec: 1.21 c}]$$

Donde:

A_w : Area de soldadura, en unidad de área lineal [m];

Z_w : Módulo de sección de soldadura, en metros a la segunda potencia [m²];

J_w : Momento torsor, en metros a la tercera potencia [m³];

b : Ancho de la forma de soldadura I, en unidad de longitud [m]; y

d : Altura de la forma de la soldadura I, en unidad de longitud [m];

Para encontrar las demás propiedades de las demás geometrías de soldadura recurrir a las ecuaciones que se presenta en el anexo B-18.

1.7.4.5 Longitud de la Soldadura

Según el de Diseño de Acero Estructural de JOSEPH E. BOWLES página 484, describe que la longitud de la soldadura permite saber la longitud total del cordón de suelda que se requiere hacer de forma distribuida, en especialmente en conexión de placas, para determinar dicha longitud se aplicar la siguiente ecuación:

$$L_w = \frac{T}{F_w} \quad [\text{Ec: 1.22}]$$

Donde:

L_w : Longitud de la soldadura, en unidad de longitud [m];

T : Tensión o esfuerzo del patín (perfil), en newton [N]; y

F_w : Esfuerzo o resistencia de la soldadura, en newton por unidad de área lineal [N/m].

1.8 CIMENTACIÓN PARA ESTRUCTURAS

La cimentación es una construcción base para el asentamiento y sujeción de la estructura sobre el piso, la cimentación está construido de hormigón simple o armado y pernos de anclaje fundidos en él a dimensiones establecidas en planos de obra civil que es realizado por los albañiles en coordinación con el personal de montaje de estructuras y esta bases son conocidas como zapatas o pedestal. Los pernos de anclaje existen en mercado en diferentes formas, mediadas pero también pueden ser fabricados de acuerdo a las necesidades requeridas.

Las columnas para ser montadas sobre las zapatas ya construidas, requieren de placas bases asentada sobre la cimentación sujetadas con las respectivas tuercas y rodela, y sobre las placas bases las columnas van montados y soldadas como se muestra en la parte (a) de la figura 1.34.

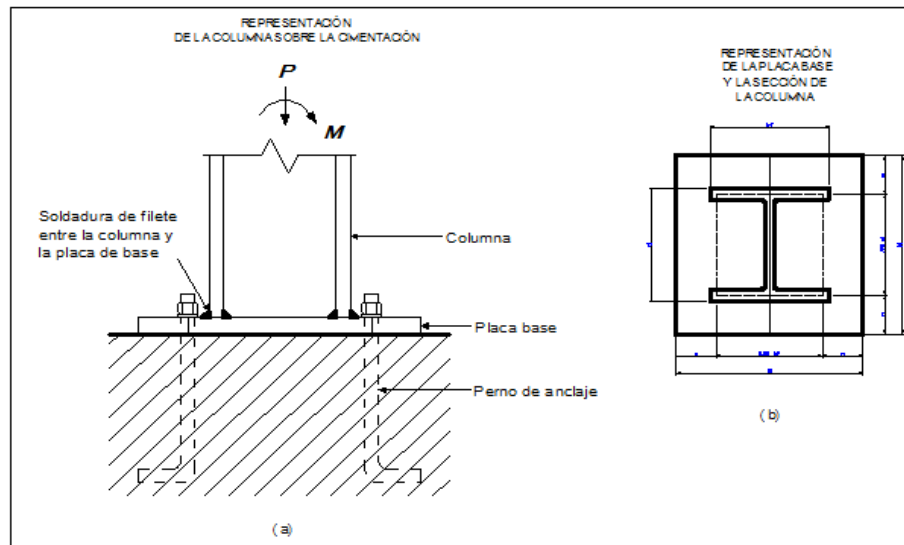
1.8.1 Placas Bases

JACK C. McCORMAC; "Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD" página 680, define qué, las placas bases son de gran espesor y superficie que va asentados sobre la cimentación para montar la estructura, y la función es distribuir la intensidad de los momentos y fuerzas sobre la cimentación y los pernos de anclaje que son producidas por las columnas, por tal razón, los pernos de anclaje deben ser robustos, empotrados a una profundidad suficiente y fundido con hormigón fuerte como se muestra en la figura 1.34.

De acuerdo a los momentos promedios y las fuerzas que transferirá la columna sobre placa base y esta a su vez sobre las zapatas, se deberán hacer conexiones rígidas simples o las conexiones rígidas de botas. El anexo B-19 se presenta las cimentaciones con varias formas de pernos de anclajes y la forma de sujeción placas bases y columnas.

Figura 1.34:

REPRESENTACIÓN DE UNA CIMENTACIÓN Y PLACA BASE



Fuente: Investigador.

1.8.2 Análisis de Conexión de la Placa Base y Columna

Para realizar el montaje de la estructura de acero sobre el pedestal de hormigón se debe determinar una placa base con dimensiones adecuadas para que soporte los esfuerzos axiales y momentos flectores. A continuación describimos los aspectos que se deben calcular para dimensionar las placas bases.

1.8.2.1 Area de la Placa Base y el Pedestal

Para determinar el tamaño necesario que debe tener la placa base así como también el área del pedestal de concreto, se aplica las siguientes ecuaciones según el manual AISC.

$$A_1 = B * N \quad [\text{Ec: 1.23 a}]$$

$$A_2 = B_c * N_c \quad [\text{Ec: 1.23b}]$$

Donde:

A_1 : Área de placa base, en metros cuadrados [m²];

A_2 : Área del pedestal de concreto, en metros cuadrados [m²];

B_c : Longitud base del pedestal de concreto, en metros cuadrados [m²];

N_c : Longitud de altura del pedestal de concreto, en unidad de longitud [m];

N : Longitud de altura de placa base; en unidad de longitud [m]; y

B : Longitud de ancho de placa base; en unidad de longitud [m].

1.9.2.2 Altura y Ancho de la Placa Base

Según en manual AISC “Manual of Steel Construction” página Pág. 3-100, describe que la determinación de la longitud de ancho y altura de placa base también permite el cálculo del área de la placa base, para lo cual, se debe conocer los valores de los bordes que permiten optimizar el área de la placa base. Los borde m y n es la distancia existente entre la superficie de la columna sobre la placa base y los filos del mismo, entonces, la altura y ancho de la placa se calculará con las siguientes ecuaciones.

$$m = (N - 0.95 d)/2 \quad [\text{Ec: 1.24 a}]$$

$$n = (B - 0.80 b_f)/2 \quad [\text{Ec: 1.24b}]$$

Donde:

m : Longitud de borde de la placa base, en unidad de longitud [m];

n : Longitud de borde de la placa base, en unidad de longitud [m];

N : Longitud de altura de placa base; en unidad de longitud [m];

B : Longitud de ancho de placa base; en unidad de longitud [m];

d : Altura del perfil de columna, en unidad de longitud [m];

b_f : Ancho del perfil de columna; en unidad de longitud [m]; y

0.95 y 0.80: Constantes.

Los valores m y n también son determinados por tablas especificados por el AISC considerando como parámetro el tamaño del perfil que forma la columna, en la tabla D-9 del anexo D se muestra los valores de m y n .

1.9.2.3 Esfuerzo Real de Presión Sobre el Pedestal

La presión real ejercida sobre el pedestal de concreto se debe a la fuerzas de la columna sobre la placa base, considerando que está cargado axialmente, el esfuerzo real sobre el pedestal calculamos mediante la siguiente ecuación.

$$f_p = \frac{P}{B \cdot N} = \frac{P}{A_l} \quad [\text{Ec: 1.25}]$$

Donde:

f_p = Presión real sobre el pedestal, en newton por unidad de área [N/m²];

P = Carga total de la columna, en newton [N];

A_l = Área de la placa base, en metro cuadrados [m²];

N : Longitud de altura de placa base; en unidad de longitud [m]; y

B : Longitud de ancho de placa base; en unidad de longitud [m].

1.9.2.4 Espesor de la Placa Base

Para calcular el espesor de la placa base se debe tomar en cuenta el mayor valor de los bordes que generalmente es el valor de n , según la especificación AISC el espesor se calcula aplicando la siguiente ecuación.

$$t_p = n' \sqrt{\frac{f_p}{0,25 S_y}} \quad [\text{Ec: 1.26}]$$

Donde:

t_p : Espesor de la placa base, en unidad de longitud [mm];

n' : Longitud del borde de la placa base, en unidad de longitud [mm];

f_p : Presión real sobre el pedestal, en newton por unidad de área [N/m²];

S_y : Esfuerzo de fluencia del material, en newton por unidad de área [N/m²]; y

0,25: Constante.

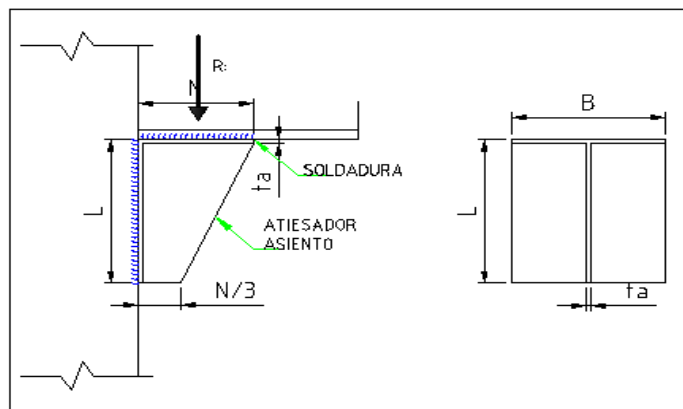
1.10 ATIESADORES Y PLACAS DE CONEXIÓN

Para obtener conexiones soldadas rígidas entre columna y vigas se deben utilizar elementos adicionales que pueden ser ángulos, placas atiesadores, placas superiores de conexiones, entre otros, estos elementos ayudan a tener conexiones soldadas seguras en las estructuras. A continuación se describe cada uno de estos elementos.

1.9.1 Atiesador de Asiento

Figura 1.35:

REPRESENTACIÓN DE UN NERVIO ESTRUCTURAL



Fuente: Investigador.

Según el libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 493, define que el atiesador conocido como nervio son elementos de conexión que sirven de asiento o apoyo que ayudan a soportar los esfuerzos cortantes y momentos flectores en el alma y patín posterior de la viga respectivamente, y son utilizados en vez de los ángulos de asiento cuando el espesor y la distancia de N requerido del asiento son más grandes que el ángulo laminado.

Un atiesador puede ser construido con placas como se muestra en la figura 1.35, por ángulos o un WT. Para que el atiesador satisfaga las especificaciones AISC debe estar expuesto a esfuerzos de flexión bajo y no exceder el esfuerzo permisible. El espesor del atiesador debe ser cuando menos tan grueso como el alma de la viga a la parte que sirva de apoyo.

1.9.1.1 Dimensionamiento del Atiesador

Según el libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 494, menciona qué, luego de conocer la carga que actúa sobre el atiesador, y considerando que es espesor de debe ser igual al alma de la viga a la que sirve de apoyo, las dimensiones (ancho, altura y profundidad) de atiesador se calcula aplicando las siguientes ecuaciones.

$$R = F_b t_a * (N+k) \quad [\text{Ec: 1.27a}]$$

$$k = t_w + 0,375 \text{ Pulg} \quad [\text{Ec: 1.27b}]$$

$$B = b_f + 4D \quad [\text{Ec: 1.27c}]$$

Donde:

R : Reacción de sobre el Atiesador, en newton [N];

F_b : Esfuerzo permisible a tensión, en newton por unidad de área [N/m²];

t_a : Espesor de atiesador, en unidad de longitud [mm];

t_w : Espesor del alma de la viga; en unidad de longitud [mm];

N : Ancho del atiesador; en unidad de longitud [m];

k : Distancia de excentricidad, en unidad de longitud [mm];

B : Profundidad del atiesador, en unidad de longitud [m];

b_f : Ancho del perfil de la viga, en unidad de longitud [m]; y

D : Longitud del lado de la soldadura de filete, en unidad de longitud [mm];

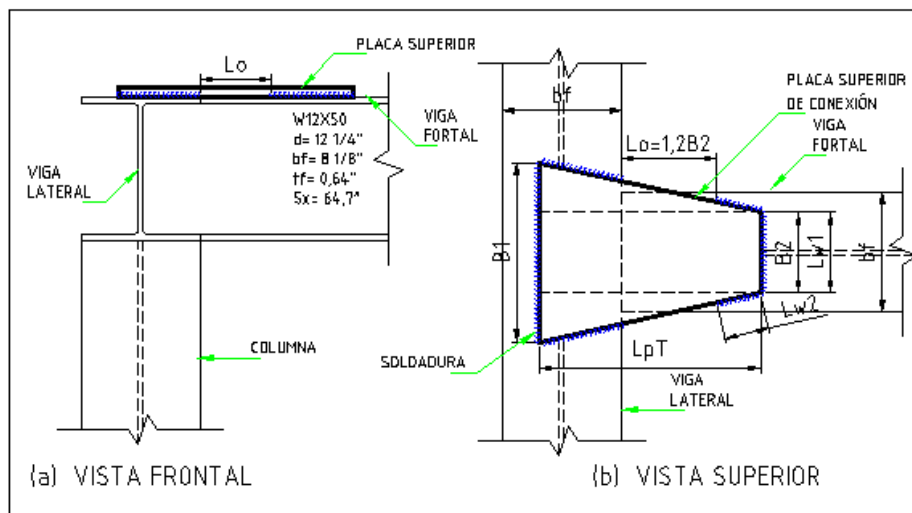
La altura del atiesador L_{at} se determina mediante la tabla especificadas por AISC, para lo cual, se consideran los parámetros de ancho del atiesador y la fuerza que soportara el atiesador, en la tabla D-14 del anexo D se presentan los valores de L_{at} .

1.10.2 Placas Superiores

El libro de JOSEPH E. BOWLES “Diseño de Acero Estructural” página 481, define que las placas superiores son elemento de sujeción que ayuda a complementar con la conexión rígida entre las columnas y vigas, para soportar esfuerzos flectores producidos en el patín superior de la viga. La placa superior permite una holgura tolerable del espaciamiento de viga a la columna, para lo cual, la placa no debe soldarse en una zona aproximada $L_o = 1,2 * \text{el ancho de la placa}$ como se muestra en la figura 1.36.

Figura 1.36:

REPRESENTACIÓN DE LA PLACA SUPERIOR DE CONEXIÓN



Fuente: JOSEPH E. BOWLES; Diseño de Acero Estructural; 1^{ra} ed.; México; Limusa; 1993.

1.9.2.1 Dimensionamiento de la Placas Superiores

Según JOSEPH E. BOWLES página 482, para determinar las dimensiones de las placas superiores de conexión primeramente se calculan los esfuerzos flectores y de tensión que se produce en el patín superior de la viga.

Conocido el esfuerzo producido en el patín superior de la viga, se determina las alturas de la placa superior de conexión de la forma que se muestra en la figura 1.36 (b) y aplicando las siguientes ecuaciones.

$$B_1 = b_f * 2 \quad [\text{Ec: 1.28a}]$$

$$B_2 = \frac{2}{3} * b_f \quad [\text{Ec: 1.28b}]$$

Donde:

B_1 = Ancho 1 de la placa, en unidad de longitud [m];

B_2 = Ancho 2 de la placa, en unidad de longitud [m]; y

b_f = Ancho del perfil de la viga, en unidad de longitud [m];

Para calcular el espesor de la placa se considera la altura de menor valor (B_2), y aplica la siguiente ecuación.

$$t_p = \frac{T}{F_b * B_2} \quad [\text{Ec: 1.29}]$$

Donde:

t_p = Espesor de placa; en unidad de longitud [m];

T = Tensión del patín;

F_b = Esfuerzo permisible de tensión; y

B_2 = Ancho menor de la placa de conexión; en unidad de longitud [m].

Otra de las dimensiones por determinar en la placa superior es la longitud o ancho total, para lo cual aplicamos las siguientes ecuaciones.

$$L_p T = L_p + \left[b_f \frac{2}{3} \right] \quad [\text{Ec: 1.30a}]$$

$$L_p = L_o + L_{w1} \quad [\text{Ec: 1.30b}]$$

$$L_o = 1,2 B_2 \quad [\text{Ec: 1.30c}]$$

Donde:

L_pT = Longitud total de la placa de conexión;

L_{wl} = Longitud de la soldadura uno;

L_p = Longitud uno de la placa;

L_o = Longitud de espaciado flexionante entre soldadura; y

B_2 = Ancho menor de la placa.

1.10 SISTEMA ELÉCTRICO

El libro de la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA

“Interpretación de Planos y Esquemas Eléctricos, Aparata Eléctrica” página 111, define que un sistema eléctrico de aspecto comercial e industrial está formado por cargas inductivos, resistivos y capacitivos pasándose a llamarse actuadores o receptores capaces de generar una fuerza de trabajo partir de la circulación de un líquido, energía eléctrica o aire (gas) y los elementos actuadores pueden ser, solenoides, motores eléctricos, cilindros neumáticos e hidráulicos, electroimanes, etc.

Sabiendo que generalmente toda máquina dispone de motores eléctricos para su funcionamiento y que para poner en marcha y funcionamiento del mismo se debe disponer circuito eléctrico con elementos de maniobra y control.

1.10.1 Motores Eléctricos

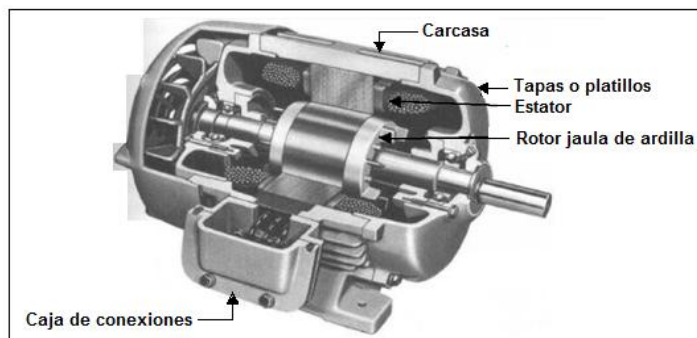
Según el manual de SCHNEIDER ELECTRIC “Tecnologías de Control Industrial” página 68, define que, los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica de rotación y son utilizados para accionar diferentes máquinas y mecanismos utilizados en el sector industrial, agrícola, en las telecomunicaciones, etc.; los motores pueden ser de corriente alterna (AC) o corriente continua (DC), pero, los más usados en el sector industrial y en las maquinas eléctricas son los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos de AC.

1.10.2.4 Motores Asíncronos Jaula de Ardilla

El manual de SCHNEIDER ELECTRIC “Tecnologías de Control Industrial” página 71, describe que los motores jaula de ardilla consta de un estator bobinados, un rotor construido por una serie de barras conductores y anillos extremos (de Cu o Al) que están cortocircuitados formando una jaula de ardilla que es rellena con chapas metálicas (hierro al silicio), y además, tienen tapas donde aloja los cojinetes; de esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número conductores) situados en el interior del campo giratorio, formándose así en un motor muy eficaz, simple, y robusto como se muestra en la figura 1.37.

Figura 1.37:

MOTOR ASÍNCRONO JAULA DE ARDILLA



Fuente: JOSE RODRIGUEZ; Sistemas Electromecánicos; Chile; 1999.

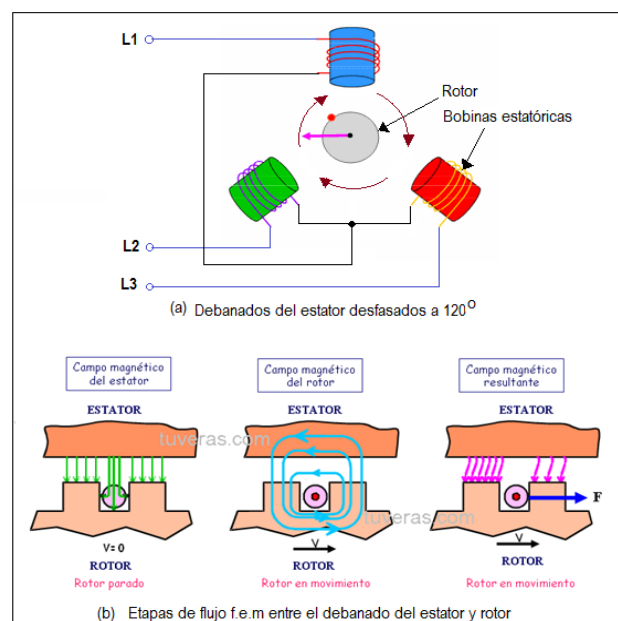
1.10.2.5 Principio de Funcionamiento del Motor Asíncrono Jaula de Ardilla

Según el libro de la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA; “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctrico” página 216, menciona que el principio de funcionamiento de estos motores se basa en el electromagnetismo, el motor al ser alimentado con de energía eléctrica AC, hace que la corriente eléctrica circule por los devanados del estator que están

desfasados a 120° , en donde se genera un campo magnético llamada f.e.m. (fuerza electro- magnética) el mismo que es inducido hacia las bobinas del rotor para crear otro campo magnético pero giratorio, esta f.e.m. arrastra al rotor tras el campo magnético hasta que alcance la velocidad nominal N_s y mantenerlo girando, en el figura 1.38 se presenta el funcionamiento de estos motores.

Figura 1.38:

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ASINCRÓNICO
JAULA DE ARDILLA



Fuente: Investigador.

1.10.2.6 Conexiones de los Motores Asíncronos Jaula de Ardilla

Según el libro de la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA; “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctrico” página 218, los motores jaula de ardilla trifásicos están provistos de tres arrollamientos en el estator con igual número de bobinas en sus ranuras; las bobinas están conectadas formando tres arrollamientos independientes para cada fase, pudiéndose conectar en estrella o triángulo.

1) Conexión Estrella “Y”

En la conexión estrella, los finales de cada fase están unidos conjuntamente en un punto común, como se detalla en la figura 1.39.

Figura 1.39:

CONEXIÓN EN ESTRELLA

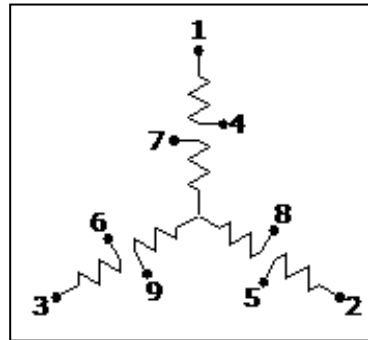


Tabla 1.1:

FORMA DE CONEXIÓN DE LAS BOBINAS EN ESTRELLA

Tensión	U(L1)	V(L2)	W(L3)	Interconectado			Conexión
				4-7	5-8	9-6	
Alta	1	2	3	4-7	5-8	9-6	Y
Baja	1-7	2-8	3-9	4-5-6			Y-Y

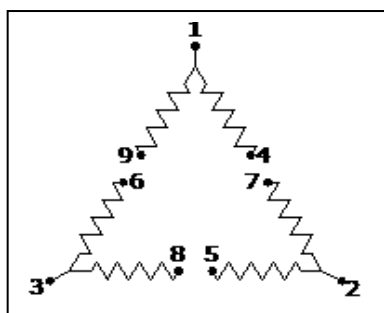
Fuente: Investigador.

2) Conexión Triángulo "Δ"

En la conexión triángulo, el final de cada fase está unido al principio de la siguiente; formando así un punto de unión o vértice que va conectado a la red de alimentación, como se observa a continuación en la figura 1.40.

Figura 1.40:

CONEXIÓN EN TRIÁNGULO



Fuente: Investigador.

Tabla 1.2:

FORMA DE CONEXIÓN DE LAS BOBINAS EN TRIANGULO

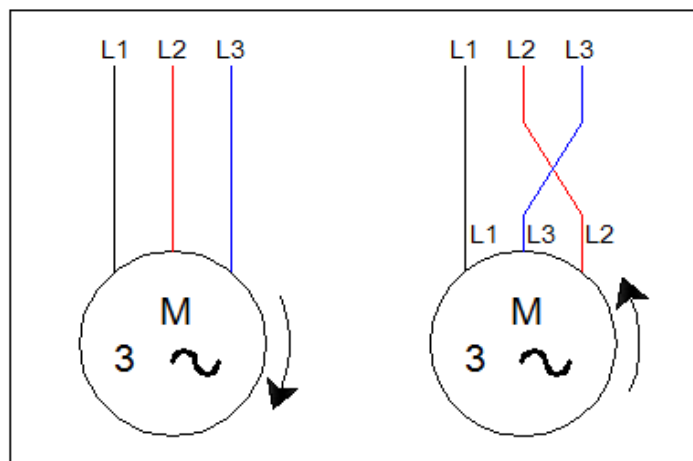
Tensión	U(L1)	V(L2)	W(L3)	Interconectado			Conexión
Alta	1	2	3	4-7	5-8	6-9	Δ
Baja	1-6-7	2-4-8	3-5-9	----			Δ - Δ

Fuente: Investigador.

1.10.2.7 Sentido de Giro Motores Asíncronos Jaula de Ardilla

Figura 1.41:

INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO DE MOTOR JAULA DE ARDILLA.



Fuente: Investigador.

El sentido de giro en los motores trifásicos con rotor en corto circuito, depende del sentido que gire el campo magnético del estator, para lo cual, debe cambiar o permutar el orden de dos de las tres fases de alimentación, tal como se indica en la figura 1.41.

1.10.2 Circuito Eléctrico Para Motores Trifásicos

Los motores eléctricos trifásicos para poner en funcionamiento requieren de un circuito eléctrico de control y potencia que está constituido por:

- Elementos interruptores tripolares;
- Elementos de protección de sobrecarga; y
- Elementos de maniobra.

1.10.2.1 Elementos Interruptores Tripolares

El manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de Control Industrial” página 12, enuncia que los interruptores tripolares permiten la conexión y desconexión de la energía eléctrica de un circuito eléctrico, pero, además permite la protección contra los efectos de la sobreintensidad de cortocircuitos (I_{cc}) por tal razón, este puede ser operador de dos formas:

- Accionamiento manual para el cierre y apertura, pero sin cargas en funcionamiento; y
- Accionamiento manual para el cierre y apertura a disparo por el efecto de sobreintensidad sobre el circuito.

Pero actualmente los elementos para estas funciones están incorporados en un solo cuerpo llamados disyuntores magnetotérmicos o comúnmente breakers.

1) Los Disyuntores Magnetotérmicos o Breaker

Según manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de Control Industrial” página 14, los breakers son interruptores automáticos con sistema de disparo electromagnético, que tiene como función de cerrar y abrir los circuitos de forma manual y además protege contra las intensidades de cortocircuito (I_{cc}) al circuito actuando automáticamente por el disparo magnético producido por la circulación elevada de corriente en las bobinas de cada polo hace que se atraiga un núcleo y dispare rápidamente.

2) Selección de los Breakers

Los parámetros más importantes que se deben considerar para la selección de un breakers para que proteja adecuadamente al circuito son los siguientes:

- Rango de corriente nominal de protección; y
- Rango del voltaje de los contactos.

a) Rango de corriente nominal. Según la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” página 250, es el parámetro de la corriente nominal I_n de la carga o de la suma de las cargas a proteger, y se aplica las siguientes ecuaciones para calcular la corriente a proteger para la selección del breakers:

$$I_{\text{prot.gen.}} = (2,5 * I_n \text{ Motor de } > \text{ Kw}) + \sum I_n \text{ Motores o cargas} \quad [\text{Ec: 1.31 a}]$$

$$I_{\text{prot.ind.}} = 1,5 * I_n \text{ del Motor o carga} \quad [\text{Ec: 1.31b}]$$

Donde:

$I_{\text{prot.gen.}}$ = Corriente de protección general, en unidad de amperios [A];

$I_{\text{prot.ind.}}$ = Corriente de protección individual, en unidad de amperios [A];

I_n = Intensidad nominal del motor, en unidad de amperios [A];

$\sum I_n$ = Sumatoria de intensidades nominales del motores o cargas;

2,5 = Constante para protección general; y

1,5 = Constante para protección individual.

Con la corriente de protección calculada y utilizado la tabla D-16 de “guía selección de breakers” que se muestra en el anexo D se seleccionará los breakers.

b) Rango de voltaje de los contactos. Es el parámetro conocido como capacidad de ruptura, que se debe considerar para la selección porque dentro del medio industrial existen diferentes valores de tensiones normalizados a ser maniobrados y en el mercado existe breakers diseñado para soportar determinado valor de tensiones.

1.10.2.2 Elementos de Protección de Sobrecarga

Los elementos utilizados para proteger a los motores de los efectos sensibles de la sobrecarga son los relés de sondas para termistancias PTC, relés de máxima corriente, los relés electrónicos y relés térmicos y los guardamotors. Pero los elementos comunes usados para la protección de motores son:

- Relé térmico;
- Guardamotor.

1) El Relé Térmico

Según SCHNEIDER ELECTRIC página 15, describe que el relé térmico protege a los motores de sobrecargas débiles y prolongadas, su funcionamiento se basa en la dilatación de biláminas por la elevación de temperatura producido por de circular excesiva intensidad de corriente en el motor; y se caracterizan por ser tripolares y ser utilizados en AC o DC, son sensibles a pérdida de fases, se restablecen manual o automática mente y se gradúan fácilmente a la I_n del motor.

2) Guardamotor

Según SCHNEIDER ELECTRIC página 16, El guardamotor es un dispositivo de función múltiple que actúa como: seccionador, relé de protección de sobrecargas y además puede proteger de cortocircuitos y pérdida de fase, haciendo solamente calibración de la intensidad de corriente desde un selector.

3) Selección del Guardamotor

Para seleccionar un guardamotor para proteger un motor de sobrecargas se debe hacer con una sobrecarga de 25% de la intensidad nominal I_n y además se considerar los siguientes aspectos:

- Rango de corrientes nominal de la carga;
- Corriente de sobrecarga;
- Contacto auxiliar.

a) Rango de corrientes nominal de la carga. De igual manera es la corriente nominal I_n del motor o la carga a proteger.

b) Corriente de sobrecarga. Es la corriente máxima a la que se debe exponer al motor en un tiempo muy corto de segundos, para determinar este parámetro aplicamos la siguiente ecuación:

$$I_{\text{prot.sobr.}} = 1,25 * I_n \text{ Motor} \quad [\text{Ec: 1.32}]$$

Donde:

$I_{\text{prot.sobr.}}$ = Corriente de protección de sobrecarga, en unidad de amperios [A];

I_n = Corriente nominal del motor, en unidad de amperios [A]; y

1,25 = Constante.

Conocido los parámetros de la corriente de sobrecarga y utilizando la tabla D-17 de “selección de guardamotors” mostrado en el anexo D se selecciona el guardamotor.

c) Contacto auxiliar. Son contactos normalmente abierto o cerrado NA/NC adosables que permiten dar una señal para el circuito de control o simplemente una señal de aviso.

1.10.2.3 Elementos de Maniobra

El elementos de maniobra permite energizar y desenergizar a las cargas de forma eléctrica, estos elementos son sistemas de conmutación que ayuda a conseguir un resultado determinado mediante la satisfacción de una serie de condiciones que depende de los diferentes órganos de mando, dando como resultado una respuesta

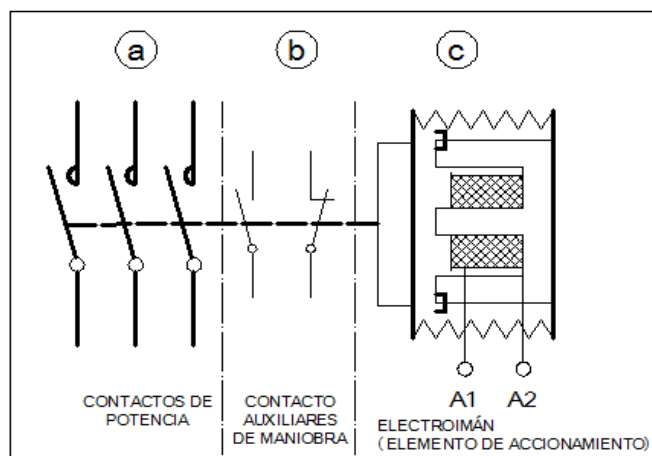
del todo o nada. Los elementos de maniobra más comunes para el accionamiento de motores trifásicos son los contactores.

1) *El Contactor*

El manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de Control Industrial” página 23, define que el contactor es un interruptor accionado eléctricamente por medio de un electroimán que permite muy diversas formas de maniobras, y está constituido principalmente por contactos de potencia, contactos auxiliares de maniobras y un electroimán (formado por un núcleo y bobina) como se muestra en la figura 1.42.

Figura 1.42:

PARTES PRINCIPALES DE UN CONTACTOR



Fuente: Investigador.

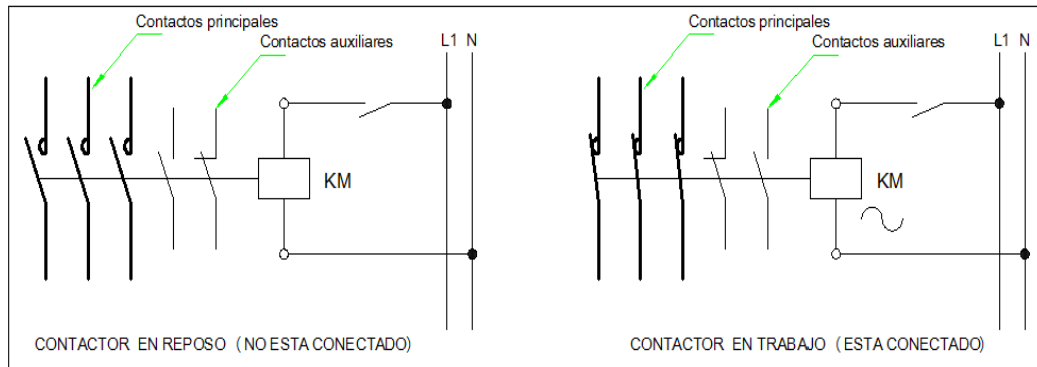
2) *Funcionamiento*

Según manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de Control Industrial” página 26, el funcionamiento consiste en un crear un campo magnético cuando la bobina del electroimán esta bajo tensión eléctrica para atraer al núcleo y hacer que el contactor cierren los contactos se si son NA y se abran si son NC; y cuando se interrumpe la energí el circuito magnético se

desmagnetiza y el contactor abre y cierran los contactos por efecto del resorte, como se muestra en la figura 1.43.

Figura 1.43:

POSICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR



Fuente: Investigador.

3) Selección de los Contactores

La selección de un contactor con el calibre más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación. Una aplicación más común es para la maniobra de motores trifásicos donde el contactor debe tener la capacidad de establecer, soportar e interrumpir la corriente del receptor en condiciones de utilizaciones establecidas, sin recalentamiento ni desgaste excesivo de los contactos.

Para la elección de un contactor de capacidad adecuado para un motor de jaula de ardilla se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Categoría de servicio
- Frecuencia de ciclos de maniobras
- Voltaje y frecuencia de bobina;
- Corriente de servicio; y
- Voltaje de servicio.

a) Categoría de servicio. La categoría de servicio en la elección de contactores se refiere a la características de aplicación, según la norma IEC los contactores utilizados para la maniobra de motores de jaula de ardillas son los que pertenecen a la categoría AC3 (si el corte de motor lanzado) o categoría AC4 (si el corte es a motor calado).

b) Frecuencia de ciclos de maniobras. Según SCHNEIDER ELECTRIC página 52, el ciclo de maniobra se refiere a la cantidad del número de maniobras u operaciones en un periodo de tiempo que puede realizar un contactor.

c) Voltaje y frecuencia de la bobina. Los contactores dentro del mercado existen para diferentes de voltaje establecidos, por lo que se debe seleccionar acorde al voltaje disponible en el ambiente industrial a utilizar que generalmente son para 220 y 120 VAC. Y la frecuencia a que tiene que seleccionar es 60 Hz establecida en nuestro medio.

d) Corriente de servicio. Según la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” página 308, la corriente de servicio es la corriente máxima que tiene que soportar sus contactos principales cuando el motor está trabajando a plena carga. La capacidad de intensidades de corriente que tiene soportar los contactos está determinada en base la corriente nominal I_n de la carga (motor) que está establecida en tablas normalizadas por el fabricante, en la tabla D-18 del anexo D.

e) Voltaje de servicio. Es la capacidad de ruptura del voltaje que pueden soportar los contactos del contactor especificados por los fabricantes, generalmente en contactores para maniobras de motores de mediana capacidad tiene un voltaje máximo de 460 a 500 VAC que pueden soportar.

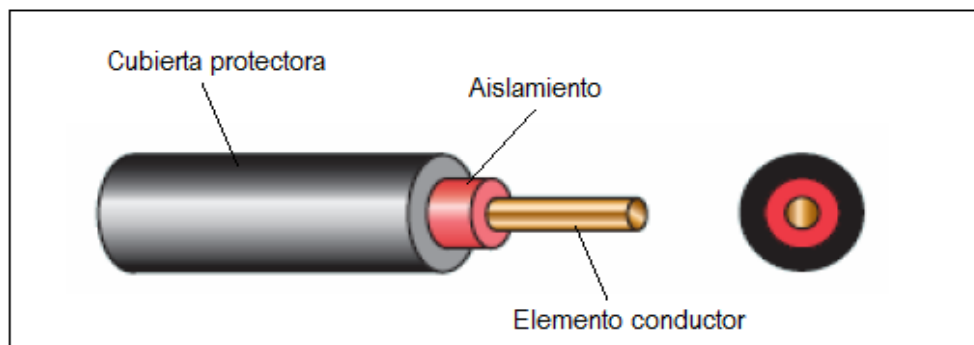
1.10.3 Conductores Eléctricos

El conductor eléctrico es un elemento principal que debe tener una capacidad adecuada dentro de un circuito eléctrico. Por lo tanto, se define que un conductor eléctrico es un cuerpo que tiene propiedades de conducir o transmitir electricidad, que está hecho de material metálico que puede ser de cobre (Cu) o aluminio (Al). Y el conductor eléctrico está formado por un conductor o alma, un material aislamiento y adicionalmente de una cubierta protectora (PVC) dependiendo del tipo de conductor, como se ilustra en la figura 1.44.

En el caso que los cables incluyan un solo conductor se llamara monoconductores, y si incluyen dos o más conductores aislados entre si se llaman policonductores o multiconductores.

Figura 1.44:

ELEMENTOS DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO (CABLE)



Fuente: Investigador.

1.10.3.1 Dimensionamiento de Conductores Eléctricos

Según la BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” página 101 y 165, menciona que el dimensionamiento de un conductor eléctrico básicamente consiste en dimensionar el área circular para la corriente necesaria que circulará por él, además se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- Definir la tensión nominal del cable;

- Determinar la corriente de proyecto;
- Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación;
- Determinar la sección por el criterio de capacidad de conducción de corriente;
- Verificar la sección por el criterio de corriente de cortocircuito;
- Verificar la sección por el criterio de caída de tensión; y
- Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

Para dimensionar del conductor eléctrico se aplica las siguientes ecuaciones básicas:

$$s = \frac{\sqrt{3} * I * l * \text{Cos } \varphi}{X * u} \quad [\text{Ec: 1.33a}]$$

$$u = \frac{u_p * U}{100} \quad [\text{Ec: 1.33b}]$$

Donde:

s = Sección del área de conductor, en unidades de área [mm²];

I = Intensidad que circula por el conductor, en unidad de amperios [A];

l = Longitud del conductor, en unidad de longitud [m];

X = Contante (56 para el conductor de cobre y 35 para el conductor de aluminio);

u = Caída de tensión, en unidad de voltaje [V];

u_p = Caída de tensión en porcentaje (Consideramos 1,5%);

U = Voltaje entre línea, en unidad de voltaje [V];

$\text{Cos } \varphi$ = Contante (0,85); y

100 = Contante.

Obtenidos el valor de la sección del conductor, mediante la tabla D-19 de selección de conductores se determina el número de conducto expresado en AWG (American Wire Gauge) que significa calibres de cables americanos, y mediante la tabla D-20 se determinara la clase de aislamiento del cable.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA “NOVACERO S.A. PLANTA LASSO”

La industria siderúrgica Novacero S.A. fue fundada un 23 de Julio de 1973 con sus instalaciones en la ciudad de Quito, que en primera instancia se llamaba Armco, luego Armcopaxi, después Novacero Aceropaxi, y actualmente fusionan como una sola empresa llamada Novacero S.A.

En la actualidad la industria Novacero S.A. cuenta con tres plantas de producción ubicadas en Quito, Guayaquil y Lasso; la planta Lasso donde se halla nuestro punto de estudio está ubicada en la provincia del Cotopaxi, canto Latacunga, parroquia de Tanicuchi a 15 Km al norte de la ciudad de Latacunga.

La revista NOVACERO “Forjado la Historia del Acero en Ecuador” página 10 y 11, describe que la empresa Novacero. S.A. se dedica a producir y comercializar productos y soluciones de acero; en la planta Quito produce soluciones viales e invernaderos; la planta Guayaquil está enfocada a la producción de tuberías, perfiles y cubiertas metálicas de acero; y la planta Lasso produce perfiles

laminados en caliente como: angulas, tees, platina, barras redondas y cuadradas, y siendo su producto estrella la varilla de construcción antisísmica sismoresistente.

La empresa Novacero S.A. dentro su actividad diaria tiene una visión y misión:

Misión

“Producir y comercializar la gama más amplia de productos y soluciones de acero para satisfacer las necesidades de nuestros clientes”, los mismos ayudará a solucionar problemas en los sectores de la construcción, industrial, vial, agroindustria y pesquera.

Visión

“Ser reconocida como una empresa innovadora, en constante crecimiento en la industria del acero del Ecuador”.

Para el cumplimiento de su visión la empresa en estos últimos años ha implementado nuevos procesos de producción como, un Tren automático de laminación en caliente, la planta de figurados y actualmente se está construyendo la planta de fundición de chatarra para integrarse a los procesos productivos.

Acorde a las exigencias del mercado y en concordancia con su visión Novacero S.A. cuenta normas de calidad con la certificación ISO 9001: 2000 para todos sus procesos, con la normas de cuidado del medio ambiente con la certificación 14001: 2004 para la planta Quito y Guayaquil, mientras que la certificación de la planta Lasso se encuentra en proceso. Y también actualmente se encuentra en proceso de implementación de las normas OHSAS 18001:2007.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la planta Lasso, se observa que en el tren de laminación automático en caliente (T1) se genera grandes cantidades de escoria la misma que es sedimentada para ser extraída cada semana, la cual está planificada dentro del cronograma de actividades de producción de la siguiente manera, tomando en cuenta que la empresa produce los 365 días del año en 14 turnos de 12 horas laborables a la semana, 12 turnos son de producción, uno para el mantenimiento y otro para la extracción de la escoria.

La cantidad de escoria producida en el tren de laminación en caliente se estima que es el 2% por tonelada [Ton] de acero procesado; actualmente este tren procesa un promedio de 180 Ton de producto por turno, entonces a la semana la cantidad de acero procesado es de 2160 [Ton] en la cual genera un aproximado 43,2 [Ton] de escoria.

Toda esta cantidad de escoria son residuos generados en las casetas de conformados del tren de laminación, la cual es arrastrado por el agua por medio de canales que conducen hasta el tanque denominado Scale Pitt (pozo de Escoria) donde se sedimentan para posteriormente ser extraída.

En la actualidad la escoria es extraída manualmente por los trabajadores del tren dos T2 (tren manual) del área de enderezado del ángulo (5 obreros y un eléctrico del T1) y para realizar el proceso de extracción utilizan palas, un balde tipo cernidera, un puente grúa o un montacargas con una pluma y un medio de transporte (una volqueta) para llevar a su destino final.

Para realizar el trabajo de extracción luego que la escoria ha sido sedimentado, primeramente se debe evacuar el agua del pozo de escoria por medio de bombas

(que realiza el eléctrico), para luego se realizar la extracción usando palas, un balde grande tipo cernidera, un puente grúa o un montacargas con una pluma y un medio de transporte (una volqueta) para llevar a su destino final.

El método de extracción manual, actualmente ha conlleva varios inconvenientes que se menciona a continuación:

- Genera gastos que involucra directamente en el costo de producción;
- Se necesita evacuar todo el agua del tanque sedimentador de escoria;
- Conlleva mucho tiempo para realizar el proceso de extracción;
- Expone a los trabajadores al peligro de accidentarse y enfermarse;
- Consumo de energía eléctrica elevado; y
- Reparación continúa de bombas (quemados por mala operación durante el proceso).

Por tal razón, para solucionar estos inconvenientes se requiere implementar un sistema de extracción de escoria constituido con un mecanismo extracción, elevación y una estructura de acero, que serán seleccionados previo un estudio. Al tener este sistema de extracción, se conseguiría extraer en un tiempo reducido, tomando en cuenta que el método actual de extracción requerir 12 horas y además presenta los inconvenientes mencionados.

2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre “Implementación de una Estructura de Acero, Selección e Instalación de una Grúa y un Mecanismo de Extracción Para Extraer la Escoria del Acero Procesado, Para el Tren Automático de laminación de la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso” corresponde a un modelo de innovación y a la modalidad de investigación Proyecto factible. Debido a que la propuesta del proyecto de un Sistema de Extracción

permitirá extraer la escoria de forma más rápida dentro del proceso de laminación, mejorando la calidad de producción, reducción del costo de producción, y la condición del trabajo de extracción, se empleará el método analítico, científico, sintético, inductivo y deductivo.

Método Analítico: Permitirá hacer un análisis de las entrevistas o encuestas aplicadas, para obtener así una respuesta de factibilidad del proyecto propuesto.

Método Científico: Permitirá realizar el cálculo de los elementos estructurales, para llenar vacíos del conocimiento, para detectar errores, etc.

Método Inductivo-Deductivo: Ayudará a explicar paso a paso el desarrollo de la propuesta mediante la aplicación del fundamento teórico.

Método Experimental.- Se utilizará este método para realizar prueba de funcionamiento del sistema de extracción cuando ya esté listo, y evaluar los resultados.

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que involucra este proyecto es a todos los trabajadores y administradores del tren uno T1, y a una parte de los trabajadores del tren dos T2, pero para nuestro caso se toma una pequeña muestra por simple deducción, teniendo en cuenta a las personas que tienen poder de decisión en la planta de laminación.

Por tanto, la muestra con un grado de interés centrado está en dos personas las cuales podrán aportar con la información requerida referente al desarrollo del proyecto dentro del aspecto técnico, económico y decisivo.

2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Analizando todas las técnicas existentes, se deduce que se utilizará la técnica de la entrevista para obtener la información necesaria y como instrumentos utilizaremos guías o cuestionarios de entrevistas.

2.5.1 Entrevista

La entrevista es un dialogo entre dos o más personas para obtener una información, la cual, puede ser aplicado de forma individual o colectivo, para que la entrevista sea exitosa con la información requerida se debe entrevistar a las personas que conozcan del tema para lo cual se deben preparar un cuestionario de preguntas.

La entrevista fue aplicada de forma individual, se dirigió para profundizar de manera directa la aplicación e interés del proyecto, con la presencia del investigador y del investigado.

Se aplico específicamente a las siguientes personas:

- Ing. Eduardo Páez, para obtener información técnica; y al
- Ing. Guillermo Mino, para obtener información financiera.

Y para realización del mismo se utilizo guías de entrevista que muestra en el anexo C.

2.6 ANÁLISIS DE LAS ENTREVISTAS

De la Entrevista Implantada al Ingeniero Eduardo Páez que se Muestra en el Anexo C-1 se Analiza los Siguietes:

Esta necesidad se ha presentado con mayor exigencia a partir del aumento de producción en el proceso de laminación, por tanto, esto ha hecho que genere mayor cantidad de escoria, y de esta forma requiriendo de un sistema de extracción para sacar rápidamente toda la escoria sedimentada.

El sistema de extracción debe tener un diseño económico, seguro, sencillo y funcional que sean basados en los factores de diseños, para lo cual el profesional recomienda que haga una selección adecuado de los elementos que forman el sistema de extracción.

El sistema de extracción si ayudara a reducir los costos de producción porque reducirá considerablemente los costos de la mano de obra y de la energía eléctrica con relación al proceso actual de extracción de escoria.

La actividad de sacar la escoria es un trabajo extra remunerado para los trabajadores que realizan esta actividad, por tanto, no afecta en nada porque ellos seguirán manteniendo su puesto de trabajo.

El trabajador que opere este sistema de extracción, no estará expuesto en ningún momento al contacto directo con la escoria evitando de esta forma que se accidente o se enferme, como lo están ahora los trabajadores que sacan la escoria manualmente.

La implementación del sistema de extracción también es parte de un requisito para la implementación de las normas OHSAS en la planta Lasso para dar el cumplimiento de las Sistema de Gestión Integrado SGI que exigen la seguridad

industrial y salud ocupacional del trabajador dentro de los procesos de producción.

De la entrevista implantada al ingeniero Guillermo Miño que se Muestra en el Anexo C-2 se Analiza los Siguietes:

El Gerente de Planta también está de acuerdo con la implementación de un sistema de extracción para que no se siga sacando la escoria manualmente y se solucione este problema definitivamente.

El proyecto debe ser estudiado previamente para conseguir que el sistema de extracción que sea económico, seguro y funcional, para que la construcción del sistema de extracción justifique su inversión.

Con la ejecución del proyecto se espera reducir el costo de producción deduciendo al costo de mano de obra y de la energía eléctrica, para así obtener un producto a bajo costo de producción.

Se considera que este proyecto es de suma prioridad para el tren de laminación, por tanto, si se cuenta con la disponibilidad de los recursos necesarios para su ejecución.

La implementación de este sistema está relacionada con la seguridad y salud del trabajador dentro del proceso de laminación, por tal razón, si ayudará con la implementación de las normas OHSAS 18001 en la Planta Lasso.

2.7 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS ENTREVISTAS

A través de las versiones recogidas en ambas partes en donde se aplicó la entrevista se pudo concluir los siguientes:

- La implementación de un sistema de extracción para extraer la escoria, por medio de una estructura de acero, una grúa y un mecanismo para manejo de materiales, será beneficioso para el proceso de laminación donde el trabajador podrá sacar la escoria del pozo sin exponerse a ningún riesgo de accidentarse o enfermarse. Por lo que si es necesario su implementación.

- Y a demás, se concluye que el sistema de extracción reducirá los costos del proceso de producción y ayudará con la implementación de las Normas OHSAS 18001 para la planta Lasso.

CAPÍTULO III

PROPUESTA FACTIBLE

3.10 NOMBRE DE LA PROPUESTA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ESCORIA, PARA EL TREN AUTOMÁTICO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO.

3.11 PRESENTACIÓN

La implementación de un sistema de extracción de escoria, está conformado por una Estructura de acero tipo Pórtico, un Polipasto eléctrico R&M y una Chuchara electro-hidráulica EUROMECH; el mismo que será destinado para el tren automático de laminación de la empresa Novacero, para el operario o trabajador capacitado pueda sacar la escoria sedimentada en el pozo de escoria (Scale Pitt).

El sistema de extracción cumple con las normas de seguridad, para el operador extraiga la escoria sin exponer al contacto directo con el mismo, cuya operación será realizada desde una botonera de control así como también dispone de limitador de izaje y limitadores de carga para así brindar una completa seguridad.

3.12 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Por qué es necesario Implementar un Sistema de Extracción de Escoria, para el Tren de Laminación Automático de la Empresa Novacero Planta Lasso?

3.13 JUSTIFICACIÓN

La ejecución del sistema de extracción de escoria, en la empresa Novacero planta Lasso se justifica por los siguientes aspectos:

Por reducir los costos de producción (reduciendo la cantidad de la mano de obra) teniendo en cuenta el siguiente análisis de costos de la mano de obra de acuerdo con los datos obtenidos del departamento de Costos de Novacero Lasso, presentada en la siguiente tabla.

Tabla 3.1:

TABLA DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA

DETALLE	COSTO (USD)
Sueldo básico promedio de un trabajador	280,00
Costo de hora normal	1,75
Costo de hora normal en jornadas nocturnas (recargo 25%)	2,18
Costo de hora extra (recargo 50%)	2,63
Costo de hora extra fin de semana y feriado (recargo 100%)	3,44

Fuente: Investigador.

De acuerdo a los detalles obtenidos en el departamento de producción, hace necesario el siguiente tiempo para la extracción de escoria.

Tabla 3.2:

HORARIO Y TIEMPO DE EXTRACCIÓN

DETALLE	HORARIO	TIEMPO (Horas)
Operador recolector de escoria	Domingo de 18:00 pm a 6:00 am	12

Fuente: Investigador.

Deduciendo los valores de la tabla 3.1 y 3.2 y considerando que se requiere de 6 operarios para el proceso de extracción manual de la escoria, y considerando el costo de la mano de obra por persona que es de 41,28 USD, es fácil deducir el costo de cada turno (costo por trabajo durante el domingo y el lunes al amanecer), el cual es 247,68 USD.

El siguiente aspecto es reducir costo de energía teniendo en cuenta el consumo de energía en KW/h del proceso actual y del proyecto propuesto, sabiendo que el costo KW/h es 0,07 UDS (dato obtenido en el departamento de Costos), se detalla los costos en la tabla 3.3.

Tabla 3.3:

CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS SISTEMAS

Consumo de energía de máquina utilizados en la extracción manual			
DETALLE	CONSUMO	TIEMPO	COSTO USD
Consumo en W de bombas	7466W	2 H	1,04
Consumo en W de puente grúa	30448W	4H	8,52
Consumo en W de iluminación	500 W	12H	0,42
			9,98 USD
Consumo de energía del sistema de extracción proyectado			
Consumo en W de polipasto	8050W	2, 5H	1,40
Consumo en W de cuchareta	5600W	2,5H	0,98
			2,38 USD

Fuente: Investigador.

Obtenidos los dos costo en base a datos referenciales de la potencia expresado en vatios (W) que consume cada sistema, se analiza rápidamente el costo de consumo de energía que afecta al costo de producción es de 7,60 USD cada semana.

Con los valores detallados en el primer análisis como en el segundo se describe a continuación en la tabla 3.4 una síntesis de los costos para determinar el tiempo de recuperación del costo del proyecto.

Tabla 3.4:

SÍNTESIS DE COSTOS DEL PROCESO Y EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

DETALLE	PRODUCCION (Ton)	COSTO UDS	TIEMPO (de recuperación)
Extracción de escoria por semana	43,2	257,66	
Implementación del Sistema de extracción		33580,00	
Recuperación del proyecto			3,5

Fuente: Investigador.

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Costo de implementación del sistema de extracción}}{\text{Conto de extracción de escoria por semana X \# de semanas al año}}$$

Aplicando la expresión del tiempo de recuperación, consideración que cada año tiene aproximadamente 52 semanas y que el costo de la implementación del sistema de extracción es 33.580 USD, haciendo un cálculo rápido se determina el tiempo de recuperación de la inversión es de dos años y medio (30 meses), es decir tendrá un periodo de recuperación de su costo a medio plazo.

Entonces, haciendo un análisis general entre el sistema actual y el sistema propuesto para la extracción de la escoria se analiza que el proceso actual (proceso manual) de extracción le cuesta a la empresa aproximadamente 1030 USD mensual y que el proceso de extracción propuesto tendría un costos aproximado de 27 USD mensuales. La cantidad que se ahorraría la empresa sería de 1003 USD mensuales

También, se justifica porque el sistema de extracción brindará una seguridad al personal al evitar estar en contacto directo con el proceso de extracción como cuando lo realizaban de forma manual. Además se justifica dentro del aspecto social con los trabajadores que anteriormente extraían la escoria porque ellos volverán a ocupar sus puestos dentro del área de enderezado de ángulo, es decir que no quedaran desempleados.

Además el sistema de extracción será parte de un mejoramiento continuo dentro de la planta del proceso de laminación que exige la política integral (SGI) de la empresa, herramienta de vital importancia para el mejoramiento de la calidad del producto con la aplicación de la ISO 9001:2000, cuidado del medio ambiente con la ISO 14001: 2004 y también será parte de un requisito para la próxima implementación norma OHSAS 18001 que es de la seguridad industrial y salud ocupacional.

3.14 OBJETIVOS

3.5.1 Objetivo General

Implementar un Sistema de Extracción de Escoria, construyendo una estructura metálica, seleccionando e instalando una grúa y un mecanismo adecuado, para extraer la escoria del acero procesado en el Tren de laminación automático de la empresa Novacero.

3.5.2 Objetivos Específicos

- Aplicar las bases teóricas, descritas en el capítulo I, para la hacer un diseño idóneo de la estructura de acero, una selección adecuado mecanismo extracción y elevación y otros elementos adicionales que contendrá el sistema de extracción.
- Realizar el análisis e interpretación de las entrevistas aplicadas a los personajes involucrados directamente en el área administrativa del proceso de producción, para determinar la factibilidad y el beneficio que puede aportar el sistema de extracción propuesto.
- Realizar la construcción de la estructura de acero y la instalación de los mecanismos que componen el sistema de extracción, siguiendo las dimensiones que se detallan en el plano y las normas de montajes e

instalación, para obtener un sistema adecuado de extracción que satisfaga las necesidades del tren de laminación.

3.15 FACTIBILIDAD

El proyecto es factible porque existe información requerida tanto de los mecanismos y para el diseño y construcción de la estructura de acero; además, existe la predisposición de guiar con información técnica por parte del departamento de proyecto de la empresa Navacero para el cual se va a desarrollar el proyecto.

Es factible también porque el investigador cuenta con los conocimientos básicos necesarios, sobre los mecanismos que serán utilizados para realización del proyecto.

Para la investigación y ejecución del proyecto se requiere de un tiempo aproximado de un año y medio debido a que la adquisición de los mecanismos como la cuchareta y polipasto toma mayor tiempo, ya que los mismos serán adquiridos bajo pedido a la empresa que distribuye en el país para realizar importaciones de otros países que lo fabrican, todo esto después de hacer la correcta selección.

En cuanto a los recursos económicos también es factible ya que la empresa Navacero está dispuesta a financiar con todos los gastos requeridos para la ejecución del proyecto.

3.16 IMPACTO

La realización de este proyecto es un aporte importante para el tren de laminación automático de la empresa Navacero, por lo que tiene gran acogida por el gerente y

los supervisores que están encargados del funcionamiento del mismo. Los personajes mencionados consideran que al contar con un sistema de extracción que contengan mecanismos de rápido desplazamiento y fácil manejo podrán extraer la escoria en menos tiempo y la vez reducir el costo de producción que es lo importante en el área de producción.

Los trabajadores también tuvieron gran acogida considerando que ellos se beneficia de manera directa ya que es un trabajo un poco desagradable para los mismos, por lo que ya no tendrán que estar en contacto directo con la escoria y la humedad y lo que es más expuestos al peligro de cualquier accidente.

También, este trabajo investigativo despierta un gran interés para el Gerente de la Planta Lasso Navacero ya que también considera que el beneficio a obtener en el futuro será la reducción del costo de producción y además porque permitirá la implementación la normas OHSAS 18001 para la seguridad industrial y salud ocupacional de los trabadores, ya que los trabadores no tendrán realizar este trabajo considerando que este es un trabajo adicional que se realizan los fines de semana.

3.17 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la siguiente tabla se presentan la operacionalización de las variables del proyecto.

Tabla 3.5:

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES
VARIABLES INDEPENDIENTES	
	➤ Reduce la cantidad de personas en proceso de extracción;

<p>Implementación de un Sistema de Extracción de escoria en el Tren Automático de Laminación de la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reduce el consumo de energía eléctrica; ➤ Elimina equipos de bombeo ; ➤ Elimina lámparas de iluminación; ➤ Elimina algunos implementos de extracción (palas, baldes, montacargas); ➤ Reduce el tiempo de extracción.
<p>VARIABLES DEPENDIENTES</p>	
<p>Mejoramiento del proceso de Extracción de Escoria en el Tren Automático de Laminación de la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dejar de exponer a los trabajadores al peligro de accidentes y enfermedades; ➤ Ayuda a la mejora continua del proceso de laminación; ➤ Contar con un sistema de extracción eléctrico; ➤ Cumplir con la política integral de la empresa, para implementar las normas OHSAS.

Fuente: Investigador.

3.18 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo de la propuesta se consideró muy en cuenta la necesidad de implementar un sistema de extracción adecuado, para que el trabajador previamente instruido pueda sacar la escoria sedimentada del pozo denominado Scale Pitt, así como también, que el sistema de extracción esté conformado con mecanismos fabricados con la tecnología actual, un sistema de control eléctrico construido con elementos de marcas reconocidos y una estructura de acero diseñada y construido bajo normas reconocidas.

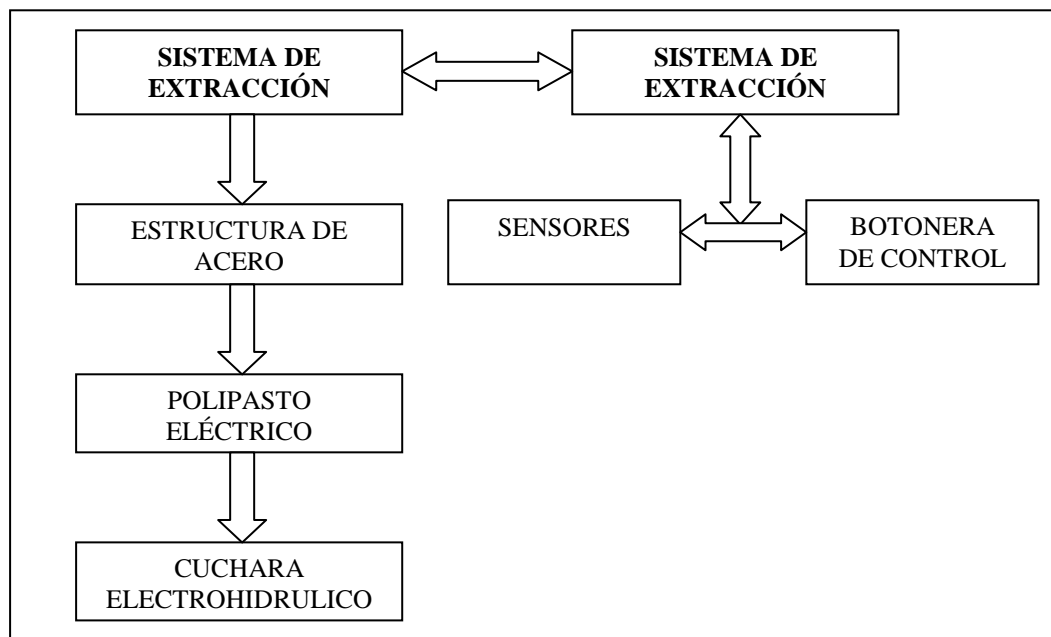
Para la implementación del sistema de extracción de escoria se utilizaron los siguientes elementos: una Estructura de Acero tipo pórtico, un Cuchara Electrohidráulica EUROMEC, un Polipasto Eléctrico R&M y un Sistema de

Control Eléctrico para la cuchara electrohidráulica y para el control de nivel de escoria del tanque Scale Pitt como se muestra en la figura 3.1.

En la estructura de acero construido con la respectiva viga riel, se encuentra suspendido el polipasto eléctrico R&M y en su gancho va anclado la cuchara electrohidráulica. Los movimientos de los mecanismos serán accionados por un sistema eléctrico (botonera de control), los limitadores de izaje controlarán la subida y bajada de la cuchara y el sensor de nivel permitirá controlar el nivel de llenado del pozo de escoria.

Figura 3.1:

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN



Fuente: Investigador.

A continuación se detallan los pasos que se realizó para la implementación del sistema de extracción de escoria.

3.18.1 Selección del Mecanismo Para Manejo de Escoria

Para la selección correcta del mecanismo para el manejo de escoria o similar, se utilizó tabla D-2 de “Características de Cucharas Electrohidráulicas” y se tomó en cuenta los siguientes aspectos más importantes:

- Tipo de material de manejar;
- Tipo de mecanismo;
- Capacidad del mecanismo;
- Tamaño de área o espacio disponible;
- Tensión alimentación eléctrica; y
- Tipo de funcionamiento o control.

3.18.1.1 Tipo de Material a Manejar

Considerando que la escoria y lodos son producidos como material residuo durante el proceso de laminación en caliente para la fabricación de perfiles y varilla de construcción en la empresa Novacero; entonces, el material a manejar es la escoria y lodos.

3.18.1.2 Tipo de Mecanismo

Considerando el mercado existe un tipo de mecanismo para manejar cada tipo de material con su respectivo nombre, se seleccionó un mecanismo para manejar escoria, lodos y similares de procesos de laminación que son las cucharas electrohidráulicas.

3.18.1.3 Capacidad del Mecanismo

Sabiendo que la capacidad adecuada de un equipo o mecanismo aumenta la vida útil y la el rendimiento del mismo, capacidad se selecciono tomando en cuenta el peso especifico de la escoria que se encuentra en la tabla D-1 de “Características de Materiales” mostrado en el anexo D.

El peso específico de la escoria de laminación de acero es de 120-125 libras por pies cúbicos (Lbs. /Pie³) equivalente a 2 toneladas por metro cúbicos (Ton/m³). Con el parámetro del peso de la escoria y la tabla D-2 se lección un cuchara con una capacidad sobredimensionada.

3.18.1.4 Tamaño de Área o Espacio Disponible

Para determinar el área disponible se consideró el espacio del diámetro (el diámetro es de 2120 mm) de la boca del tanque sedimentador de escoria (Scale Pitt), por lo tanto, el tamaño del mecanismo no supera la dimensión de esta área.

3.18.1.5 Tensión de Alimentación Eléctrica

Considerando que la alimentación eléctrica más cercana que se disponía en el lugar donde se va a desarrollar el proyecto es de 440 VAC., se selecciona un cuchara electrohidráulica que funcione con un motor eléctrico a 440 VAC.

3.18.1.6 Tipo Funcionamiento o Control

Sabiendo que las cucharas accionado por sistema electrohidráulico pueden ser comandados por un sistema control electromagnético, radio frecuencia, electro reversible como se describe en el anexo B-5, se seleccionó una cuchara electrohidráulica comandado por control electro reversible. En la tabla 3.6 se describe de datos técnicos del mecanismo seleccionado.

Tabla 3.6:

DATOS DE LA CUCHARA ELECTROHIDRÁULICA

CUCHARA ELECTROHIDRAULICA	
Marca	EROMEK
Serie	EB5/10i
Capacidad	1,8 Ton
Peso	1060 Kg.

Sistema de accionamiento	Electrohidráulico
Tensión de alimentación	400V 50Hz
Potencia del motor	7,5 KW (Trifásico)
Tipo de control	Electro- reversible
Dimensión máxima de ancho	1450 mm.
Dimensión máxima de altura	1950 mm.

Fuente: Investigador.

3.18.2 Selección del Sistema de Elevación

La selección de un sistema de elevación (polipasto eléctrico) de capacidad adecuada permite que hacer un trabajo eficiente y tener una larga vida útil, para su elección se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- El grado de Movimiento;
- Capacidad;
- Tipo de Viga riel;
- Velocidad de avance;
- Alimentación eléctrica;
- Longitud de Izamiento; y
- Tipo de control.

3.18.2.1 *Grado de Movimiento*

Considerando que para realizar el trabajo de extracción se requiere de un movimiento de elevación y translación longitudinal, se seleccionó un sistema de elevación con un grado de movimiento dos según guía el anexo B-7.

3.18.2.2 *Capacidad*

La capacidad adecuada del polipasto se selecciono considerando el peso de la carga a elevar o manejar, este caso se considero la capacidad de la cuchara más el

peso del mismo, dando un peso 2860 Kg con este parámetro se guió en la tabla D-3 del anexo D para determinar su capacidad.

3.18.2.3 Tipo de Viga Riel

Sabiendo el polipasto eléctrico puede estar dispuesto en viga riel de una sola viga o dos vigas, el tipo de viga se determino según la tabla D-3, donde, los polipastos de capacidad pequeña y mediana requieren una viga riel de una sola viga riel para su instalación.

3.18.2.4 Velocidad

La velocidad adecuado de un polipasto eléctrico permite elevar y mover la carga en tiempo optimo, se tomo en cuenta la velocidad de izamiento del tambor y del carro transportador para su selección, donde, se considero que a velocidad muy lenta el tiempo de trabajo mayor y una velocidad muy rápida el tiempo de trabajo menor pero con la desventaja que la carga que transporta tiende a balancearse.

3.18.2.5 Alimentación Eléctrica

De igual manera considerando la alimentación eléctrica existente en el donde se va instalar existe el equipo (red trifásica de 440 AC). Se selecciono un polipasto con un tablero eléctrico de control para el voltaje disponible.

3.18.2.6 Longitud de Izamiento

Considerando que longitud de izamiento en los sistemas de elevación permite elevar y mover cargas en diferentes alturas, se tomo como parámetro la altura existe entre la viga riel y el piso o asiento del pozo donde se sedimenta la escoria, que es aproximadamente 12 metros, y se guio en tabla D-3 de “Características del Polipasto” para la selección de la longitud de izamiento.

3.18.2.7 Tipo de Control del Polipasto

Conocido que los sistemas de elevación pueden ser operados desde piso mediante una botonera alámbrica o inalámbrica, así como desde una cabina de control fijo o movable a lo largo de la viga riel. Según la necesidad se seleccionó un polipasto operado por botonera. En la tabla 3.7 se describe de datos técnicos del mecanismo seleccionado.

Tabla 3.7:

DATOS SELECCIONADOS DEL POLIPASTO

POLIPOPASTO ELÉCTRICO	
Marca	R&M
Modelo	SX40410050P35FDL0S
Capacidad	5 Ton
Peso	866 kg
Dimensión (inches)	60x50x40
Tensión de alimentación	460V 60Hz
Potencia del motor elevador	5,6 KW
Potencia del motor transportador	0,55 KW
Grado de Movimiento	De elevación y traslación
Tipo de riel	Monorriel
Longitud de Izaje	12 m.
Velocidad de Izaje	6/1 m/min
Velocidad del carro	24/6 m/min
Repuesto	Si existe
Control	Por botonera

Fuente: Investigador.

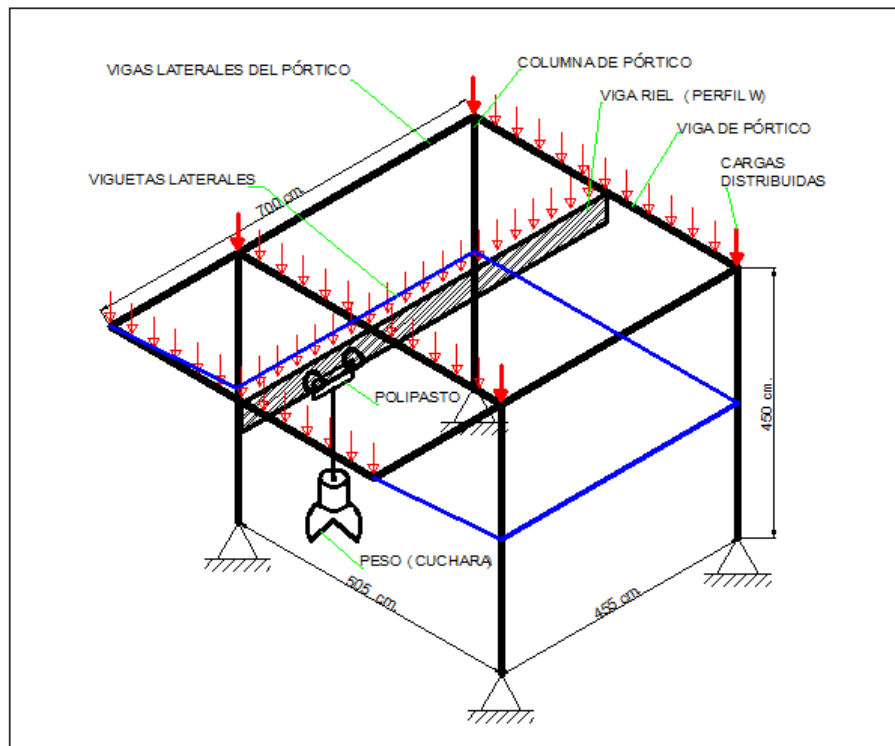
3.18.3 Cálculo Preliminar de los Elementos de la Estructura

Para el inicio del análisis del cálculo la estructura de acero, en el grafico 3.2 presentamos un bosquejo general de la estructura que se va a construir previo la realización del cálculo.

Las dimensiones del ancho y profundidad de la estructura son determinadas desde las bases ya existentes para tal propósito y la dimensión de la altura se determinó teniendo en cuenta la altura de la cuchareta y del balde de la volqueta que llevara la escoria a su destino final.

Figura 3.2:

BOSQUEJO GENERAL DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ESCORIA



Fuente: Investigador.

3.18.3.1 Cálculo de la Viga Riel

La función de la viga riel es servir de camino para permitir el desplazamiento del polipasto en este caso la translación o el movimiento de Norte/Sur.

La longitud la viga riel se determinó considerando la dimensión de profundidad existentes entre los pedestales para la construcción de la estructura más la longitud del balde del transporte que cargara la escoria, dando una longitud de 7 metros. Y la forma del perfil que tendrá la viga riel para su desplazamiento es de tipo W.

A continuación se detalla el procedimiento para determinar las dimensiones de la viga riel.

1) Estimación de la Carga Para la Viga Riel

Para estimar de la carga sobre la viga riel se consideró el peso de los mecanismos seleccionados: Polipasto (866 Kg), la Cuchara (1060 Kg) y de la capacidad de cuchara (1800 Kg); y se aplicó la siguiente ecuación descrita en el capítulo I.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

El valor de K es un factor de servicio AISC, según la tabla D-4 del anexo D, determina que para vigas maestras de soporte para grúas viajeras operadas desde el piso es el valor de $K = 1.10$ igual a 10%. A continuación se presenta el cálculo:

$$\sum W_m = 0 \text{ kg (aquí no consideramos)}$$

$$\sum W_y = P. \text{ Polipasto} + P. \text{ Cuchareta} + P. \text{ Capacidad cuchareta}$$

$$\sum W_y = 866 \text{ kg} + 1060 \text{ kg} + 1800 \text{ kg} = 3726 \text{ kg}$$

$$\sum K F_y = \sum W F_y * K$$

$$\sum K F_y = 3726 \text{ kg} + 10\% = 372,6 \approx 373 \text{ kg}$$

$$F_w = 0 \text{ kg (aquí no consideramos)}$$

$$\sum F_{div} = 0 \text{ kg (aquí no consideramos porque aun no se calcula la estructura en sí)}$$

$$F = 0 \text{ kg} + 3726 \text{ kg} + 373 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 0 \text{ kg}$$

$$F = 4099 \text{ kg} = 40.21 \text{ KN} \approx 40 \text{ KN (carga estimada que tiene que soportar)}$$

2) Determinación de Esfuerzos

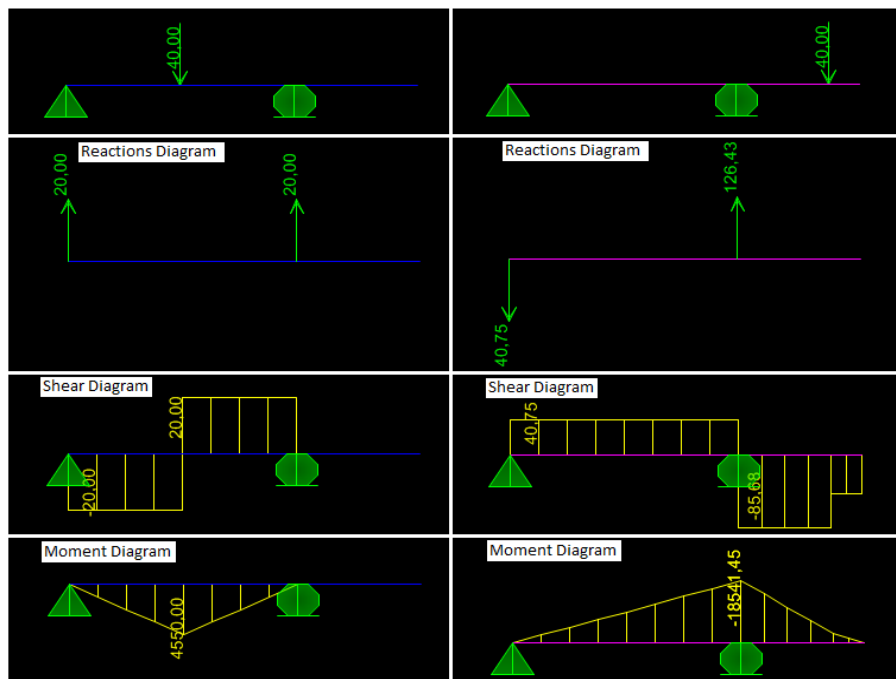
Los esfuerzos se determinaron mediante el programa digital SAP 2000 ingresando datos del peso, longitudes, resistencia de fluencia y otros exclusivos del programa. En el programa se obtiene los datos de reacciones, esfuerzos cortantes, y

momentos flectores con sus respectivos gráficos como muestra la figura 3.3, para hacer el análisis se consideró dos situaciones de ubicación del peso o carga:

- Una viga simplemente apoyada con voladizo y una carga centrada a una distancia x del primer vano o espacio que mide 455cm.; y
- Una viga simplemente apoyada con voladizo y una carga ubicado a $\frac{3}{4}$ de la distancia x del voladizo que mide 245 cm.

Figura 3.3:

DIAGRAMA DE ESFUERZOS EN LA VIGA RIEL



Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

Se analiza que el esfuerzo y momento flector más crítico se presenta en la viga simplemente apoyada con voladizo a una carga ubicado a $\frac{3}{4}$ de la distancia x del voladizo, valor del momento flector máximo de $M=18541,45$ KN-cm.

3) Cálculo de los Esfuerzos Permisible

El esfuerzo de diseño para elementos a tensión como las vigas se determina mediante las siguientes ecuaciones.

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{max}}{FS} \quad [Ec: 1.6a]$$

$$\sigma_{max} = F_b = 0,6 S_y \quad [Ec: 1.6b]$$

Obtenido lo valores esfuerzo de fluencia del acero estructural $S_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el factor de seguridad $FS=6$, proporcionados y recomendados por el departamento de proyectos Novacero según su experiencia, el resultado de la solución es:

$$\sigma_{max} = 0,6 * 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{max} = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{perm} = \frac{2520 \text{ kg/cm}^2}{6}$$

$$\sigma_{perm} = 420 \text{ kg/cm}^2 = 4,12 \text{ KN/cm}^2 \text{ (para el diseño de miembros a tensión)}$$

4) Cálculo del Módulo de Sección

El módulo de sección de vigas expuestos esfuerzos normales máximo por flexión, se calcula aplicando siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad [Ec: 1.8]$$

Conocido el momento flector crítico o máximo es $M=16943,95 \text{ KN-cm}$ el modulo de sección es:

$$Z = \frac{18541,45 \text{ KN-cm}}{4,12 \text{ KN/cm}^2}$$

$$Z = 4500,35 \text{ cm}^3 = 274,3 \text{ Pulg}^3 \approx 274 \text{ Pulg}^3.$$

5) Determinación de Tamaño de un Perfil

Considerando que se requiere un perfil W de altura grande por el tamaño de la altura polipasto se decidió un perfil de W21 para lo cual se determino el tamaño de la sección o geometría del perfil, aplicando el valor de Z calculado y con la

tabla perfiles W mostrado en el anexo D-10 se selecciono un perfil W21 X 111 que es sobredimensionado que tiene un $Z_x = 279 \text{ Pulg}^3$.

6) Verificación del Tamaño del Perfil Seleccionado

Sabiendo la condición que debe cumplir el perfil correctamente seleccionado expresado por la ecuación 1.12. La verificación del esfuerzo de diseño del perfil σ producido por la carga sobre la viga se analizó con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma \leq \sigma_{perm} \quad [\text{Ec: 1.12}]$$

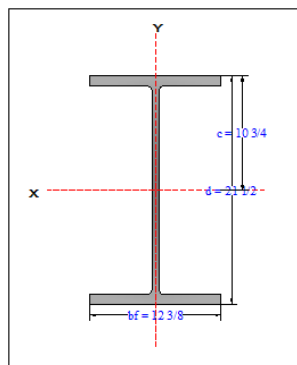
$$\sigma = \sigma_{prub} = \frac{M c}{I} \quad [\text{Ec: 1.8}]$$

$$\bar{y} = c = \frac{h}{2} \quad [\text{Ec: 1.11}]$$

El centro de gravedad es determinado por la ecuación [Ec. 1.11] y las dimensiones representado en la figura 3.4 nos da $c = 10 \frac{3}{4} \text{ Pulg} = 27,35 \text{ cm}$. Los datos de momento de inercia obtenidos desde la tabla D-10 del anexo que es $I = 2670 \text{ Pulg}^4 = 370273,73 \text{ cm}^4$ y el dato de módulo de elasticidad $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$ proporcionados por el departamento de proyectos Novacero y Momento flector analizado $M = 18541,45 \text{ KN-cm}$ calculado, procedemos a verificar si esfuerzo σ_{prub} del perfil seleccionado es correcto.

Figura 3.4:

SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIGA RIEL SELECCIONADA



Fuente: Investigador.

$$\sigma_{\text{prub}} = \frac{18541,45 \text{ KN-cm} * 27,35 \text{ cm}}{370273,73 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{\text{prub}} = 1,37 \text{ KN/ cm}^2$$

Comparación:

$$\sigma_{\text{prub}} < \sigma_{\text{perm}} \rightarrow 1,37 \text{ KN/ cm}^2 < 4,12 \text{ KN/ cm}^2 \rightarrow \text{OK.}$$

La sección del perfil seleccionado es correcta.

3.18.3.2 Cálculo de la Viga del Pórtico

La función de la viga del pórtico es sujetar y soportará el peso de la viga riel con sus respectivas cargas de forma perpendicular al eje de la viga.

Para el cálculo del tamaño de sección de la viga, se determino la distancia mayor del vano o luz que predomina en la estructura haciendo un breve análisis desde el bosquejo general de la estructura presentado en la figura 3.2 y aplicado la deducción que “Si $x > y$ ”, para la cual, x será el vano del pórtico frontal y y será el vano de pórtico lateral. Entonces el de campo de dominio es el vano de mayor distancia que es 505 cm.

Determinado el campo de dominio, se continuó con los demás cálculos para determinar las dimensiones de la sección transversal de la viga.

1) Estimación de la Carga Para la Viga del Pórtico

Para la estimación de carga se consideró los pesos ya determinados para calcular la viga riel más el peso de la misma. Entonces la carga total que soportara la viga del pórtico se determina con la siguiente ecuación.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

Desde la tabla D-10 de “Propiedades del Perfil W” mostrado en anexo D, y el dato del perfil W21X111 se determina que el peso de la viga riel es $q_{vr} = 111$ Lb/Pie = 1,65 kg/cm y la carga total será:

$$\sum W_m = P. \text{ Viga Riel } (q_{vr}) * 700 \text{ cm (longitud de viga riel)}$$

$$\sum W_m = 1155 \text{ kg}$$

$$\sum W_y = 3726 \text{ kg}$$

$$\sum KF_y = 373 \text{ kg}$$

$$F_w = 0 \text{ kg (aquí no consideramos)}$$

$$\sum F_{div} = 1/3 * \text{Carga Total anterior (4099 kg)}$$

$$\sum F_{div} = 1366,33 \text{ kg}$$

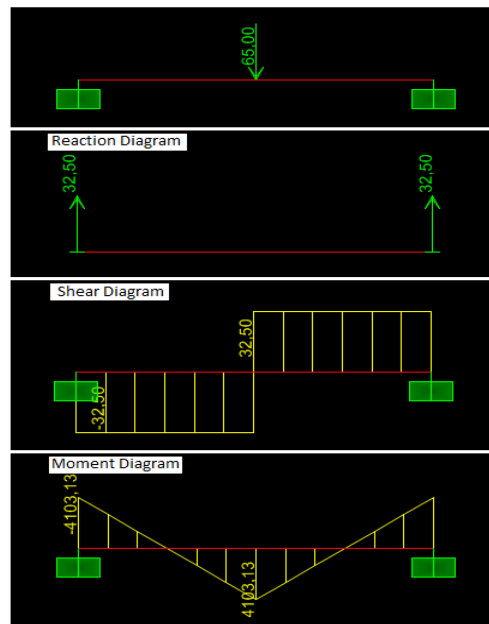
$$F = 1155 \text{ kg} + 3726 \text{ kg} + 373 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 1366,33 \text{ kg}$$

$$F = 6620,33 \text{ Kg} = 64,95 \text{ KN} \approx 65 \text{ KN}$$

2) Análisis de Esfuerzos en la Viga del Pórtico

Figura 3.5:

DIAGRAMA DE ESFUERZOS EN LA VIGA DEL PÓRTICO



Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

El análisis de esfuerzos se realizó en el programa SAP 2000, para lo cual consideró, una viga con extremos empuados o fijos con una carga centrado a la distancia x del vano que mide 505 cm, los esfuerzos se presenta en la figura 3.5.

El momento flector máximo obtenido es $M = 4103,13$ KN-cm.

3) *Cálculo del Módulo de Sección*

El módulo de sección del perfil de la viga del pórtico se calcula con la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad \rightarrow \quad \sigma_{perm} = \frac{M}{Z} \quad [\text{Ec. 1.8}]$$

Sabiendo que el momento flector máximo es $M=4103,13$ KN-cm, y esfuerzo permisible es $\sigma_{perm} = 4,12$ KN/ cm² se determinó que el módulo de sección es:

$$Z = \frac{M}{\sigma_{perm}}$$

$$Z = \frac{4103,13 \text{ KN-cm}}{4,12 \text{ KN/ cm}^2}$$

$$Z = 1118,47 \text{ cm}^3 = 60,77 \text{ Pulg}^3. \approx 61 \text{Pulg}^3.$$

4) *Determinación de Tamaño de un Perfil W*

Según las especificaciones ASTM para la construcción de elementos estructurales generalmente se debe utilizar perfile W o I, entonces con valor de Z calculado y con la tablas D-8 de “Propiedad Perfiles W” mostrado en el anexo D se seleccionó un perfil sobredimensionado que es un W12X 50 que tiene un valor del $Z_x=64,7$ Pulg³. El tamaño del perfil seleccionado será para construir la viga del pórtico frontal, posterior y laterales que forma la estructura.

5) *Verificación del Tamaño del Perfil Seleccionado*

La condición que debe cumplir el perfil selección correctamente es que el esfuerzo de diseño $\sigma = \sigma_{prub}$ debe ser menor que el esfuerzo permisible σ_{perm} . Entonces la verificación se analiza con las siguientes ecuaciones.

$$\sigma \leq \sigma_{perm} \quad [\text{Ec: 1.12}]$$

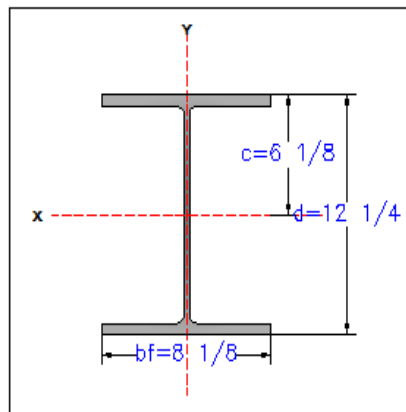
$$\sigma = \sigma_{prub} = \frac{M c}{I} \quad [\text{Ec: 1.8}]$$

$$\bar{y} = c = \frac{h}{2} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

El centro de gravedad determinado por la ecuación [Ec: 1.11] es $c = 6 \frac{1}{8}$ Pulg = 15.55 cm como representa en la figura 3.6, y con datos de momento de inercia $I = 394 \text{ Pulg}^4 = 54639,64 \text{ cm}^4$ obtenido de la tabla D-11 de “Propiedades de Perfiles”, dato de módulo de elasticidad $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$ proporcionados por el departamento de proyectos Novacero y Momento flector ya analizado $M = 4103,13 \text{ KN-cm}$ procedemos a verificar si el perfil seleccionado es correcto.

Figura 3.6:

SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIGA DEL PÓRTICO SELECCIONADO



Fuente: Investigador.

$$\sigma_{prub} = \frac{4103,13 \text{ KN-cm} * 15.55 \text{ cm}}{54639,64 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{prub} = 1,16 \text{ KN/ cm}^2$$

Comparación:

$$\sigma_{prub} < \sigma_{perm} \rightarrow 1,16 \text{ KN/ cm}^2 < 4,12 \text{ KN/ cm}^2 \rightarrow \text{OK.}$$

La sección del perfil seleccionado es correcta.

3.18.3.3 Cálculo de la Columna del Pórtico

La columna es el elemento vertical del pórtico, su función será sujetar y soportar cargas axiales y el peso de la viga del pórtico con sus respectivas cargas.

A continuación se detalla el procedimiento para determinar las dimensiones de la sección del perfil requeridas para dicha columna.

1) Estimación de la Carga Para la Columna del Pórtico

Las cargas que se considero para calcular la columna es, la carga utilizada para calcular la viga del pórtico más el peso de la misma, y se determina con la siguiente ecuación.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

Conocido que la viga del pórtico es de un perfil W12X50 el peso es $q_{vp} = 50 \text{ Lb/Pie} = 0,75 \text{ kg/cm}$ dato extraída de la tabla D-11 “Propiedades de Perfiles W”, el resultado de la solución es:

$$\sum W_m = P. \text{ Viga Riel } (q_{vr}) + (P. \text{ Viga del pórtico } (q_{vp}) * 505\text{cm})$$

$$\sum W_m = 1155 \text{ kg} + 378,75 \text{ Kg}$$

$$\sum W_y = 3726 \text{ kg}$$

$$\sum K F_y = 373 \text{ kg}$$

$F_w = 0 \text{ kg}$ (no consideramos ninguna carga producido por el viento porque no supera 7,5 m y además es una estructura abierta).

$$\sum F_{div} = 1/3 * \text{Carga Total anterior } (4099 \text{ kg})$$

$$\sum F_{div} = 1366,33 \text{ kg}$$

$$F = 1155 \text{ kg} + 3726 \text{ kg} + 373 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 1366,33 \text{ kg}$$

$$F = 6999,08 \text{ Kg} = 68.66 \text{ KN} \approx 69 \text{ KN} \text{ (carga estimada que soportará las columnas)}$$

2) Análisis de Esfuerzos de la Columna del Pórtico

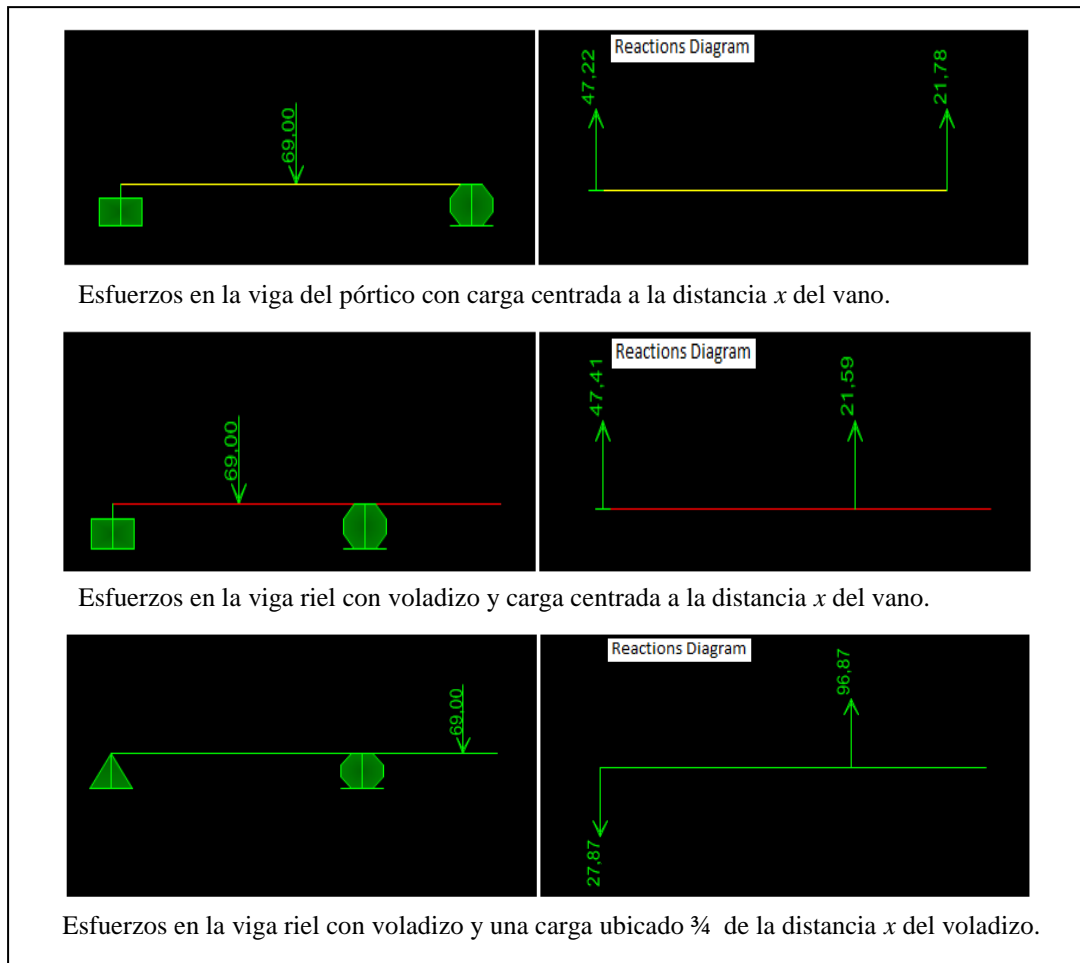
El análisis de los esfuerzos se realizó en el programa SAP 2000, teniendo en cuenta que toda columna es un elemento muy crítico de seleccionar por estar expuesta al pandeo, y determinando que la carga se desplaza a lo largo de toda la viga riel para producir el esfuerzo más crítico por tal razón haremos un análisis considerando tres situaciones:

- Una viga empotrada con una carga centrada a la distancia x del vano que mide 505 cm;
- Una viga riel empotrada y simplemente apoyada con voladizo o extremo libre y una carga centrada a una distancia y del vano o luz que mide 455cm;
- Y una viga riel empotrada y simplemente apoyado con voladizo y una carga ubicado a $\frac{3}{4}$ de la distancia y del voladizo que mide 245 cm.

Haciendo un análisis desde el diagrama de esfuerzo de la figura 3.7 vemos que el esfuerzo crítico se presenta cuando la carga se sitúa en el caso tres cuya reacción es $R=96,87 \text{ KN}$, entonces este es valor que se utilizará como la carga sobre la columna P o $F1$ y $F2$, quedando el pórtico de la forma mostrada en el figura 3.8.

Figura 3.7:

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN TRES SITUACIONES



Esfuerzos en la viga del pórtico con carga centrada a la distancia x del vano.

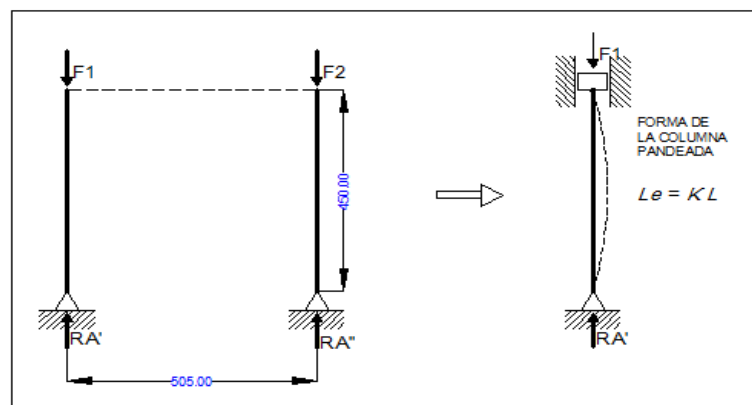
Esfuerzos en la viga riel con voladizo y carga centrada a la distancia x del vano.

Esfuerzos en la viga riel con voladizo y una carga ubicado $\frac{3}{4}$ de la distancia x del voladizo.

Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

Figura 3.8:

CARGAS Y REACCIONES EN LA COLUMNA DEL PÓRTICO



Fuente: Investigador.

3) *Determinación de la Longitud Efectiva*

Consideran que la longitud real de la columna depende de la condición de fijación de los extremos, se determina con la siguiente ecuación:

$$L_e = K * L \quad [\text{Ec: 1.14}]$$

Con los datos de longitud de la columna $L = 450$ cm, y los el valor de la contante que es $K = 1,0$ para columnas restringidas en ambos extremos articulados según la tabla que se presenta en el B-14, el resultado de la solución es:

$$L_e = 1,0 * 450 \text{ cm}$$

$$L_e = 450 \text{ cm (longitud de la columna expuesta a pandearse)}$$

4) *Cálculo de la Relación de Esbeltez Crítica*

La relación de esbeltez crítica depende del módulo de elasticidad y de la resistencia de fluencia del material de la columna, para lo cual se determinó con siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{S_y}} \quad [\text{Ec: 1.16}]$$

Con los datos de módulo de elasticidad $E = 2100000$ kg/cm² y la resistencia de fluencia $S_y = 4200$ kg/cm², datos recomendados por el departamento de proyectos Novacero la solución es:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 * 2100000 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$C_c = 99,34$$

5) *Determinación de la Relación de Esbeltez Real*

La relación de esbeltez ayuda a determinar la esbeltez o rigidez y por ende el tamaño de la sección transversal de la columna, la relación es determinado mediante la siguiente ecuación.

$$\left[\frac{KL}{r} \right] = \frac{L_e}{r} \quad [\text{Ec: 1.15}]$$

Se consideró hacer un diseño elástico para obtener una columna resistente para lo que se requiere estimar que la relación de esbeltez real sea mayor que la relación de esbeltez crítica $(KL/r) > C_c$, y que el valor de esbeltez real (KL/r) sea cercano al valor máximo para miembros a compresión (de un valor de 200), según las especificaciones AISC. A continuación hacemos algunas deducciones:

$(KL/r) = C_c \rightarrow$ La columna es bien ligera;

$(KL/r) = (99,35+200) / 2 = 150 \rightarrow$ La columna es ligera;

$(KL/r) = (150+200) / 2 = 175 \rightarrow$ La columna es resistente;

$(KL/r) = 200 \rightarrow$ La columna es extra resistente.

De estas deducciones se determinó que el valor de esbeltez a utilizar será de una columna resistente.

$(KL/r) = 175$

6) Cálculo del Esfuerzo Permisible de Compresión

El cálculo de esfuerzo permisible de compresión para columnas se determinó aplicado la siguiente ecuación, considerando que la relación de esbeltez real es mayor que la relación de esbeltez crítica $(KL/r) > C_c$.

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{FS (KL/r)^2} \rightarrow \left[\frac{KL}{r} \right] > C_c \quad [\text{Ec: 1.17}]$$

Con los valores de la relación de esbeltez (KL/r) , relación de esbeltez crítica C_c y aplicando el valor de factor de seguridad $FS = 6$ recomendados por el departamento de proyectos Novacero y el esfuerzo permisible es:

$$F_a = \frac{\pi^2 * 2100000 \text{ kg/cm}^2}{6 * (175)^2}$$

$$F_a = 112,79 \text{ kg/cm}^2 = 1,11 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{perm} = F_a = 1,11 \text{ KN/cm}^2$$

7) Cálculo del Área Requerido Para la Columna

El área de una sección transversal de la columna se calculó aplicando la siguiente ecuación general.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

[Ec: 1.5]

Sabiendo que la carga permisible sobre la columna es igual la reacción sobre la misma $P_{perm} = R = 102,48 \text{ KN}$, entonces, el tamaño del área será:

$$A = \frac{P_{perm}}{\sigma_{perm}}$$

$$A = \frac{96,87 \text{ KN}}{1,11 \text{ KN/cm}^2}$$

$$A = 87,27 \text{ cm}^2 = 13,53 \text{ Pulg}^2 \text{ (área mínima requerida para la columna)}$$

8) Determinación de Tamaño de un Perfil

Según las especificaciones ASTM para la construcción de elementos de estructuras generalmente se debe utilizar perfil W o I, se seleccionó un perfil de altura similar que la viga del pórtico es decir un W12, con el valor de área $A = 13,53 \text{ Pulg}^2$ calculado y la tabla D-11 de "Propiedades de Perfiles W" mostrado en el anexo D se procedió a seleccionar el tamaño de la sección y nos da un perfil W12X50 que tiene una área de $14,7 \text{ Pulg}^2$, que será utilizado para las cuatro columnas que conforman la estructura de acero.

9) Verificación del Tamaño del Perfil Seleccionado

La condición que debe cumplir la sección de la columna para que sea estable es, que la carga real P debe ser mayor que la carga crítica P_{cr} ($P < P_{cr}$), según la ecuación [Ec: 1.13] de la condición de estabilidad descrita en el Capítulo I. Entonces la verificación analizamos con las siguientes ecuaciones.

$$\left[\frac{KL}{r} \right] = \frac{L_e}{r} \quad [\text{Ec. 1.15}]$$

Conocido los datos de longitud efectiva $L_e = 450$ cm y el del radio de giro $r_y = 1,96$ Pulg = 4,97cm valor obtenido de la tabla D-11 de “Propiedad de Perfiles W”, determinamos la relación de esbeltez real de la columna cuya solución es:

$$\left[\frac{KL}{r} \right] = \frac{450 \text{ cm}}{4,97 \text{ cm}}$$

$$(KL/r) = 90,54 \approx 91$$

A continuación se calculó el esfuerzo permisible de compresión del perfil que conforma la columna con la siguiente ecuación considerando que $(KL/r) < Cc$:

$$F_a = \frac{S_y}{FS} \left[1 - 0,5 \frac{(KL/r)^2}{Cc^2} \right] \quad [\text{Ec: 1.17}]$$

Con los valores de (KL/r) y Cc ya calculados se reemplaza en la ecuación y se obtiene la siguiente resultante:

$$F_a = \frac{4200 \text{ Kg/cm}^2}{6} \left[1 - \frac{0,5 * (91)^2}{(99,34)^2} \right]$$

$$F_a = \sigma_{perm} = 406 \text{ kg/cm}^2 = 3,98 \text{ KN/cm}^2$$

Finalmente se calculó la carga permisible que soportará la columna con la ecuación siguiente.

$$\sigma_{perm} = \frac{P_{perm}}{A} \quad [\text{Ec: 1.5}]$$

Con los datos del esfuerzo permisible y del área de la sección del perfil seleccionado para la columna obtenemos la siguiente solución:

$$P_{perm} = \sigma_{perm} * A$$

$$P_{perm} = 3,98 \text{ KN/cm}^2 * 87,27 \text{ cm}^2$$

$$P_{perm} = 347,33 \text{ KN.}$$

Comparación:

Considerando esta condición que $P < P_{cr}$ y que $P_{cr} = P_{perm}$ comprobamos que

$$P < P_{perm} \rightarrow 96.87 \text{ KN} < 347,33 \text{ KN} \rightarrow \text{OK.}$$

La sección del perfil seleccionado es correcta.

3.18.3.4 Cálculo de la Vigüeta del Pie de Amigo, Vigüetas Inferiores del Pórtico y los Contravientos Laterales

La función del pie de amigo es la ayudar al soporte de las vigas voladizas del pórtico lateral para soportar con mayor firmeza la carga aplicada en aquel punto.

La función de la vigüeta inferior del pórtico será unir las dos columnas que forma la misma para evitar o reducir la curva de pandeo que se forma en caso de exceder las cargas críticas y a obtener mayor rigidez de todo la estructura como se muestra en la figura 3.2.

La función de los elementos que forman los contravientos es la ayudar a la estabilidad de la estructura en caso de que existan fuertes cargas de impacto por el polipasto al momento de su operación.

A continuación se detalla el procedimiento para determinar las dimensiones de los perfiles que formaran los elementos ya descritos.

1) Estimación de la Carga Para el Análisis de Esfuerzos

La carga que se consideró es el peso aplicado para calcular la columna del pórtico.
La cual es determinado con la siguiente ecuación.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

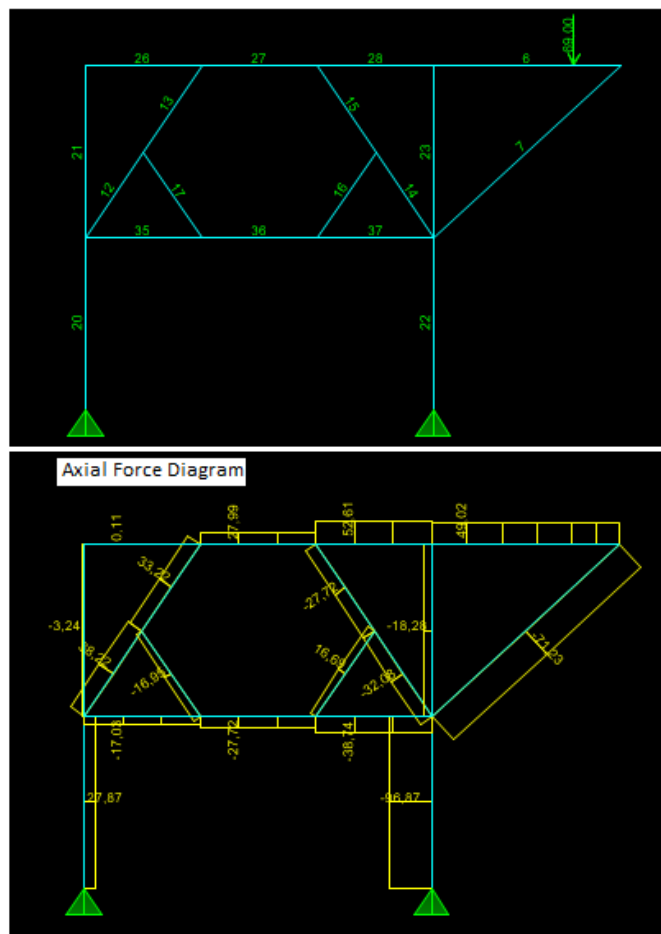
$F = 69 \text{KN}$

La carga estimada que tiene que soportar las viguetas y otros elementos de contraviento es 69 KN.

2) Análisis de Esfuerzos de las Viguetas de los Pórticos

Figura 3.9:

DIAGRAMA DE ESFUERZOS DEL PÓRTICO



Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

El análisis de esfuerzos se realizó en el programa SAP 2000, teniendo en cuenta los anteriores análisis que al ubicar la carga en el extremo del voladizo producen mayores esfuerzos, entonces aquí aplicamos esta consideración para el análisis de los esfuerzos como se muestra en la figura 3.9.

Con los esfuerzos axiales obtenidos se determina el tamaño y tipo de perfil para cada elemento.

3) Cálculo del Área Requerida Para el Pie de Amigo

Para determinar el área de la sección transversal de este perfil se aplica la siguiente ecuación general:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [\text{Ec: 1.5}]$$

Con el valor de esfuerzo crítico axial obtenido en el único elementos que formará la vigueta pie de amigo (#:7) el esfuerzo es $R=P= 71,23 \text{ KN}$ como se muestra en la figura 3.9 y con el valor del esfuerzo permisible ya determinado $\sigma_{perm} = 4.12 \text{ KN/cm}^2$ obtenemos el siguiente resultante:

$$A = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A = \frac{71,23 \text{ KN}}{4,12 \text{ KN/cm}^2}$$

$$A = 17,28 \text{ cm}^2 = 2,68 \approx 3 \text{ Pulg}^2 \text{ (área mínima requerida).}$$

Determinación del tamaño de un perfil:

Según las especificaciones ASTM y por recomendación, para la construcción de la vigueta del pie de amigo del pórtico se utilizó perfil W o I, entonces con valor de A calculado y la tabla D-12 de “Propiedad de Perfiles W” mostrado en el anexo D, se procedió a seleccionar un perfil sobredimensionado que da un W8X13 que

tiene un valor de $A = 3,84 \text{ Pulg}^2$. Este tamaño del perfil será utilizado para contruir el pie de amigo que es uno para cada pórtico lateral.

4) Cálculo del Área Requerida Para la Vigüeta Inferior

El área de la vigüeta inferior se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [\text{Ec: 1.5}]$$

Con el valor del esfuerzo crítico axial obtenido de los elementos que formará la vigüeta inferior (#: 35, 36, 37) el esfuerzo es $R=P= 38,74 \text{ KN}$ como se muestra en la figura 3.9 y con el valor del esfuerzo permisible ya determinado $\sigma_{perm} = 4.12 \text{KN/cm}^2$ se obtiene el siguiente valor:

$$A = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A = \frac{38,74 \text{ KN}}{4,12 \text{ KN/cm}^2}$$

$$A = 9,40 \text{ cm}^2 = 1,46 \approx 2 \text{ Pulg}^2 \text{ (área mínima requerida).}$$

Determinación del tamaño de un perfil:

Según las especificaciones ASTM y por recomendación para la construcción de la vigüeta inferior del pórtico se utilizó perfil W o I, entonces con valor del A calculado y la tabla D-12 de “Propiedades de perfiles W” mostrado en el anexo D, se seleccionó un perfil W8X10 que tiene un valor de $A = 2,96 \text{ Pulg}^2$. Pero por uniformidad de construcción se recomienda que se utilice el perfil W8X13 para contruir las tres vigüetas inferiores que irán ubicadas como indica en la figura 3.2.

5) Cálculo del Área de los Contravientos Laterales

Para determina el área del perfil para los contravientos laterales se aplicó la siguiente ecuación general:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [\text{Ec: 1.5}]$$

Analizando los esfuerzos de los elementos 12, 13, 14, 15, 16, 17 que forman los contravientos como se muestra en la figura 3.9 se obtuvo que el esfuerzo crítico es $R=P= 38,22 \text{ KN}$ y con el valor del esfuerzo permisible ya determinado $\sigma_{perm} = 4,12 \text{ KN/cm}^2$ se procedió a calcular el valor del área requerido:

$$A = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A = \frac{38,22 \text{ KN}}{4,12 \text{ KN/cm}^2}$$

$$A = 9,28 \text{ cm}^2 = 1,55 \approx 2 \text{ Pulg}^2 \text{ (área mínima requerida).}$$

Determinación del tamaño de un perfil:

Según las especificaciones ASTM y por recomendación para la construcción de los elementos de contraviento laterales se utilizó tubo redondo estructural (TS o HSS), entonces con el valor de A calculado la tabla D-15 de “Propiedades de Perfiles TS” mostrado en el anexo D procedemos a seleccionar un perfil sobredimensionado que es un TS 3½ X .226 de espesor que tiene un valor de $A = 2,68 \text{ Pulg}^2$.

3.18.3.5 Cálculo de los Contravientos Superiores

De igual manera la función de los contravientos superiores será ayudar a la estabilidad de la estructura en caso de que existan fuertes cargas de impacto por el polipasto al momento de su operación.

A continuación se detallamos el procedimiento para determinar las dimensiones de los perfiles que formaran los contravientos.

1) Estimación de la Carga Para el Análisis de Esfuerzos

Para la estimar carga se consideró los pesos ya determinados anteriormente para el cálculo de los contravientos laterales. Para la dicha estimación se aplicó la siguiente ecuación:

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

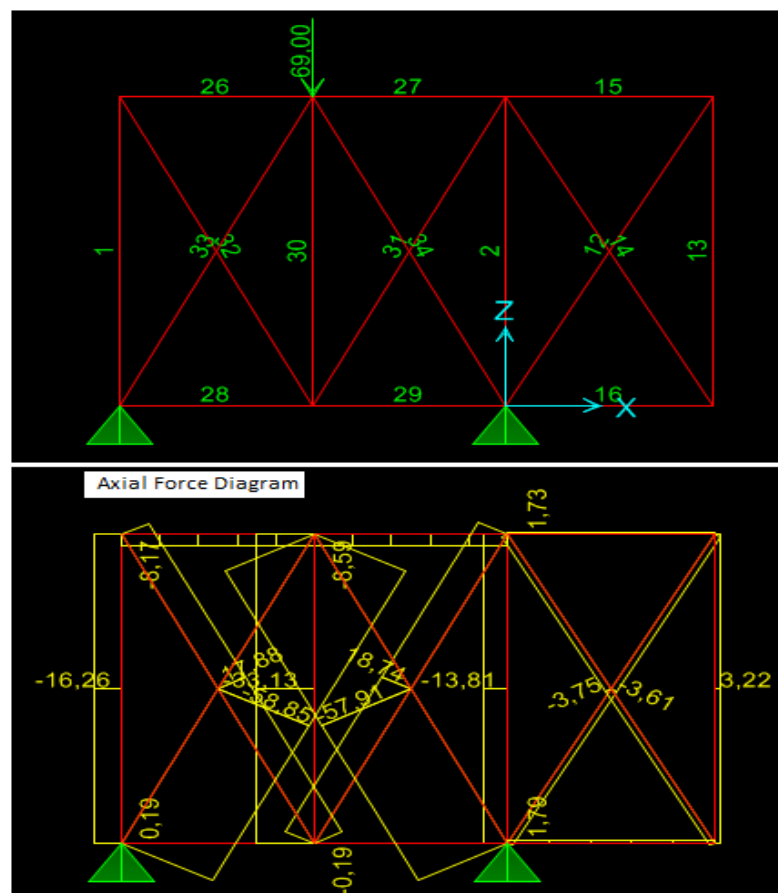
$F = 69 \text{ KN}$

La carga estimada que se utilizara para determinar los esfuerzos es 69 KN.

2) Análisis de Esfuerzos

Figura 3.10:

DIAGRAMA DE ESFUERZOS EN LOS CONTRAVIENTOS



Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

El análisis de esfuerzos se realizó en el programa SAP 2000, considerando una cercha con una carga centrada a la distancia x del vano del mismo, en la figura 3.10 se presenta estos esfuerzos.

Con los esfuerzos axiales obtenidos se determinará el tamaño de perfil requerido para los contravientos superiores.

3) Cálculo del Área Requerida para los Contraviento Superior

El área de un perfil para los contravientos superiores determinó aplicando la siguiente ecuación general.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [\text{Ec: 1.5}]$$

Analizando los esfuerzos de los elementos 12, 14, 31, 34, 32 y 33 que forman los contravientos superiores como se muestra en la figura 3.10, obtenemos que el esfuerzo promedio es $R=P= 33,13 \text{ KN}$ aplicamos este valor por recomendación considerando que simplemente es un elemento secundario y con el valor del esfuerzo permisible también ya determinado $\sigma_{perm} = 4.12 \text{ KN/cm}^2$ obtenemos el siguiente valor:

$$A = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A = \frac{33,13 \text{ KN}}{4,12 \text{ KN/cm}^2}$$

$$A = 8,04 \text{ cm}^2 = 1, 25 \text{ Pulg}^2 \text{ (área mínima requerida)}$$

Determinación del tamaño de un perfil:

Por recomendación del departamento de proyecto Novacero para la construcción de los contraviento superiores se utilizó doble ángulos de lados iguales (L), entonces, con valor de A calculado y la tabla D-13 de “Propiedades de Perfiles L” mostrado en el anexo D, procedemos a seleccionar un perfil sobredimensionado

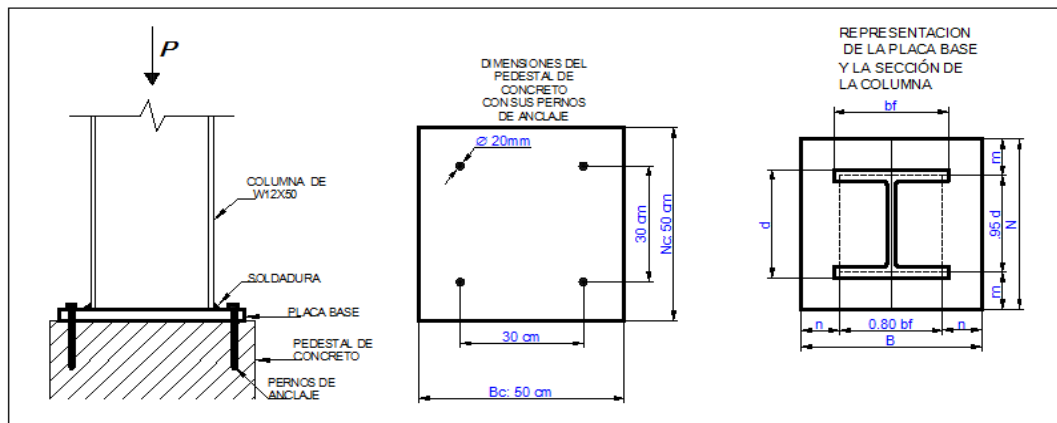
que nos da un L2X2X3/16 que tiene un valor de $A = 1,43 \text{ Pulg}^2$. Este tipo de perfil se utilizó para la construcción de los contravientos superiores.

3.18.3.6 Cálculo de la Placa Base

La función de la placa base es soportar una columna formando una entre cara, dicha placa permite distribuir de la carga de la columna sobre la superficie del pedestal de concreto. Con los datos del peso total que soportara cada columna, del perfil que está hecha la columna y las dimensiones que tiene el pedestal o zapata de concreto ya construidos con sus respectivos pernos de anclaje, procedemos a calcular las dimensiones que tendrá la placa base, en la figura 3.11 muestra un bosquejo general para el mejor entendimiento.

Figura 3.11:

BOSQUEJO GENERAL DE LA PLACA BASE Y COLUMNA



Fuente: Investigador.

A continuación se detalla el procedimiento de para determinar las dimensiones de la placa base.

1) Estimación de la Carga Para el Análisis de Esfuerzos

Consideramos la misma carga aplicado para el cálculo de las viguetas, y el peso de los elementos que forman el pórtico lateral que incrementa automáticamente el programa de análisis. La estimación es realizada mediante la siguiente ecuación.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

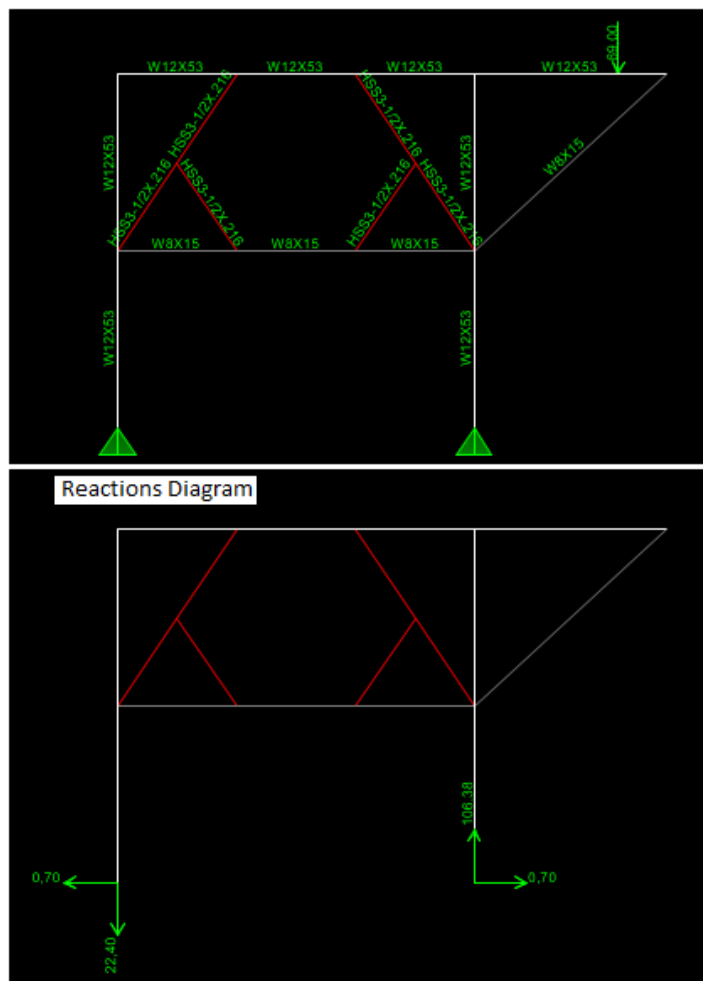
$$F = 69 \text{ KN}$$

La carga estimada que se utilizara para determinar los esfuerzos es 69 KN.

2) Análisis de Esfuerzos

Figura 3.12:

DIAGRAMA DE ESFUERZOS DEL PÓRTICO



Fuente: Investigador, extraído del Software SAP 2000 V 8.0.

El análisis de esfuerzos se realizó en el programa SAP 2000, para la cual se consideró un pórtico con voladizo y una carga ubicado a una distancia de $3/4$ de x del voladizo como muestra en la figura 3.12.

Analizando el diagrama de esfuerzos de la figura 3.12 vemos el esfuerzo crítico es la $RA = 106,38$ pasado esto a ser directamente el peso o carga total P sobre la columna, para este caso de análisis también se considero que las columnas no estarán expuestas a momentos flectores producidos por viento o algún esfuerzo lateral, por tal razón solo se utilizó el esfuerzo axial P para cálculo de la placa base.

$$P = 106,38 \approx 106 \text{ KN}$$

3) Cálculo de Área del Pedestal de Concreto

Con los datos de la base y la altura del pedestal del concreto, mostrado en la figura 3.11, y aplicando la siguiente ecuación se calculó el área de concreto:

$$A_2 = B_c * N_c \quad [\text{Ec: 1.23}]$$

Con los datos de $B_c = 50 \text{ cm}$ y de $N_c = 50 \text{ cm}$ se obtuvo el valor del área:

$$A_2 = 50 \text{ cm} * 50 \text{ cm}$$

$$A_2 = 2500 \text{ cm}^2$$

4) Cálculo del Ancho y la Altura de la Placa Base

Para calcular el ancho y altura que tendrá la placa primero determinamos la longitud de los bordes m y n mediante la tabla D-9 de “Valores de n' ” mostrado en el anexo D y con parámetro del tamaño del perfil de la columna que es W12X50 se determinó que el valor del borde es $n' = 3,61 \text{ Pulg}$ para un perfil de W12X50 a W12X40.

$$n' = 3,61 \text{ Pulg} = 6,63 \text{ cm}$$

Considerando que el valor del borde m y n debe ser igual a n' tenemos que:

$$m = 6,63 \text{ cm}$$

$$n = 6,63 \text{ cm}$$

Con la siguiente ecuación se calcula el ancho y altura de la placa base:

$$m = (N - 0.95 d)/2 \rightarrow N = 2m + 0,95d \quad [\text{Ec: 1.24a}]$$

$$n = (B - 0.80 b_f)/2 \rightarrow B = 2n + 0,80 b_f \quad [\text{Ec: 1.24b}]$$

Con los datos de $d = 12 \frac{1}{4}$ Pulg y $b_f = 8 \frac{1}{8}$ Pulg del perfil W12X50 descrito en la tabla D-11 de "Propiedades de Perfiles W" mostrado en el anexo D, la resultante de N y B es:

$$N = 0.95 d + 2m$$

$$N = (0.95 * 30,96 \text{ cm}) + (2 * 6,63 \text{ cm})$$

$$N = 42,67 \text{ cm}$$

$$B = 0.80 b_f + 2n$$

$$B = (0.80 * 20,52 \text{ cm}) + (2 * 6,63 \text{ cm})$$

5) Cálculo del Área de la Placa Base

Obtenido los datos de B y N se procedió a calcular el área de la placa mediante la siguiente ecuación.

$$A_I = B * N \quad [\text{Ec: 1.23}]$$

$$A_I = 42,67 \text{ cm} * 29,66 \text{ cm}$$

$$A_I = 1265,59 \approx 1266 \text{ cm}^2$$

6) Cálculo de la Presión Real de Contacto Sobre el Pedestal de Concreto

Conocido el tamaño del área de la placa y el peso total de la columna $P = 106$ KN, se hizo el cálculo del esfuerzo real sobre el pedestal con la siguiente ecuación descrita.

$$f_p = \frac{P}{B * N} = \frac{P}{A_l} \quad [\text{Ec: 1.25}]$$

$$f_p = \frac{106 \text{ KN}}{1266 \text{ cm}^2}$$

$$f_p = 0,084 \text{ KN/cm}^2$$

7) Cálculo del Espesor de la Placa Base

El espesor de la placa base se calculó aplicando la siguiente ecuación.

$$t_p = n' \sqrt{\frac{f_p}{0,25 F_y}} \quad [\text{Ec: 1.26}]$$

Conocidos los datos de f_p , la longitud del bordes de mayor longitud $n' = 6,63$ cm, y los de esfuerzo de fluencia del material $S_y = 41,2$ KN/cm² el espesor de la placa será:

$$t_p = 6,63 \text{ cm} \sqrt{\frac{0,084 \text{ KN/cm}^2}{0,25 * 41,2 \text{ KN/cm}^2}}$$

$$t_p = 0,6 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

Entonces en conclusión los cálculos hecho nos ayudado a verificar que el pedestal de concreto ya construido si satisface para soportar el peso de la estructura de acero a construir. Por lo tanto la placa base (PL) tendrá los siguientes dimensiones redondas por recomendación con los respectivos agujeros para los pernos de anclaje como muestra en la figura 3.11.

PL: 45 X 2 X 45 cm; o

PL: 17,5X 0,78 X 1Pie- 6 Pulg.

3.18.3.7 Cálculo de la Soldadura Para Unir la Placa y la Columna

Según la norma AISC para la construcción de estructuras de acero se utiliza generalmente soldadura de filete y electrodos E70 Ksi (es el esfuerzo último F_u pero se toma como $F_u = F_y$), entonces para la union de las placas de columnas se utilizará juntas de filete. A continuación se detallan el procedimiento del cálculo.

1) Determinación del Esfuerzo Cortante Permisible de la Soldadura

Para determinar el esfuerzo cortante permisible se aplico la siguiente ecuación.

$$\tau_{perm.(elect)} = 0,3 F_{u(elect)} \quad [Ec: 1.18]$$

Sabiendo que el esfuerzo último del electrodo es $F_u = 70$ Ksi se obtiene el siguiente resultado.

$$\tau_{perm.(elect)} = 0,3 * 70 \text{ Klbs / Pulg}$$

$$\tau_{perm.(elect)} = 21 \text{ Klbs / Pulg}^2 = 14,4 \text{ KN/ cm}^2$$

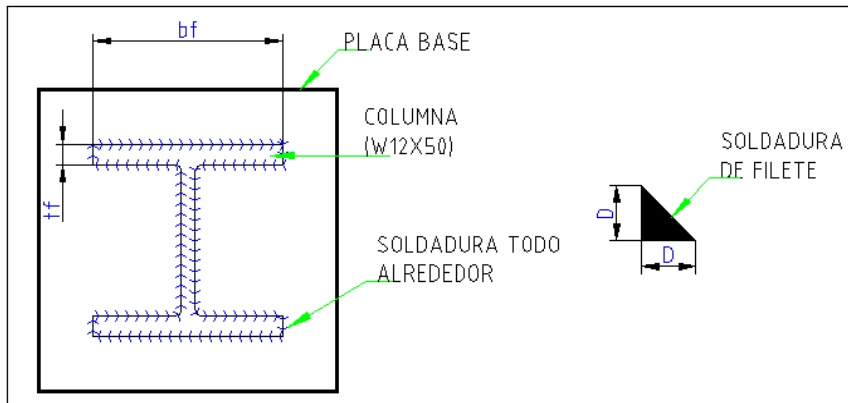
2) Determinación del Tamaño de la Soldadura de Filete

Para determinar fácilmente la longitud de lado de la soldadura de filete se hizo mediante tabla D-8 “Tamaño de Soldadura de Filete” mostrado en el anexo D. El tamaño se determinar tomando como parámetro del espesor mayor del los elementos a unir, entonces considerando que el espesor mayor es de la placa base igual a 20 mm o 3/4 Pulg la longitud del lado de la soldadura de filete es 5/16 Pulg.

$$D = 5/16 \text{ Pulg} = 8 \text{ mm.}$$

Figura 3.13:

SOLDADURA DE UNIÓN PLACA Y COLUMNA



Fuente: Investigador.

3) Verificación del Tamaño de la Soldadura de Filete

La condición que debe cumplir el tamaño de la soldadura bien determinado es que el esfuerzo de tensión en el patín del perfil W que forma la columna no debe ser mayor que la resistencia de la soldadura de filete en el patín del perfil W como detalla en la ecuación 1.12 según la especificación AISC

$$\sigma \leq \sigma_{perm} \rightarrow F_{t(\text{patín})} < F_w \quad [\text{Ec: 1.12}]$$

Para determinar el esfuerzo de tensión en el patín del perfil W, se aplicó la siguiente ecuación.

$$P = f_a * A_w \rightarrow F_{t(\text{patín})} = F_y * A_{(\text{patín})} \quad [\text{Ec: 1.20}]$$

$$A_{(\text{patín})} = t_f * b_f \quad [\text{Ec: 1.21a}]$$

Con los datos del espesor del patín $t_f = 16,25$ mm y es el ancho del patín $b_f = 20,5$ cm del perfil W 12X50 se calculó el área:

$$A_{(\text{patín})} = 16,25 \text{ mm} * 0,205 \text{ m}$$

$$A_{(\text{patín})} = 3,33 \text{ cm (centímetros lineales)}$$

Sabiendo que la resistencia del material es $S_y = 41,2 \text{ KN/cm}^2$, el esfuerzo de tensión en el patín es:

$$F_{t(\text{patín})} = 41,2 \text{ KN/cm}^2 * 3,33 \text{ cm}^2$$

$$F_{t(\text{patín})} = 137,19 \text{ KN}$$

Seguidamente se calculó la resistencia de la soldadura en un patín del perfil W con la siguiente ecuación.

$$P = f_a * A_w \rightarrow F_w = (\tau_{perm.(elect)}) * (De) (b_f) \quad [\text{Ec: 1.20}]$$

Sabiendo que la constante para calcular el tamaño de la soldadura de filete es $e = 0,70711$, el esfuerzo cortante permisible $\tau_{perm.(elect)} = 14,4 \text{ KN/cm}$ y el ancho del patín es $b_f = 20,5 \text{ cm}$, la resultante de este esfuerzo es:

$$F_w = (0,8 \text{ cm} * 0,70711) (14,4 \text{ KN/cm}) (20,5 \text{ cm})$$

$$F_w = 166,99 \approx 167 \text{ KN}$$

Comprobación:

$$\sigma \leq \sigma_{perm} \rightarrow 137,19 \text{ KN} < 167 \text{ KN} \rightarrow \text{OK}$$

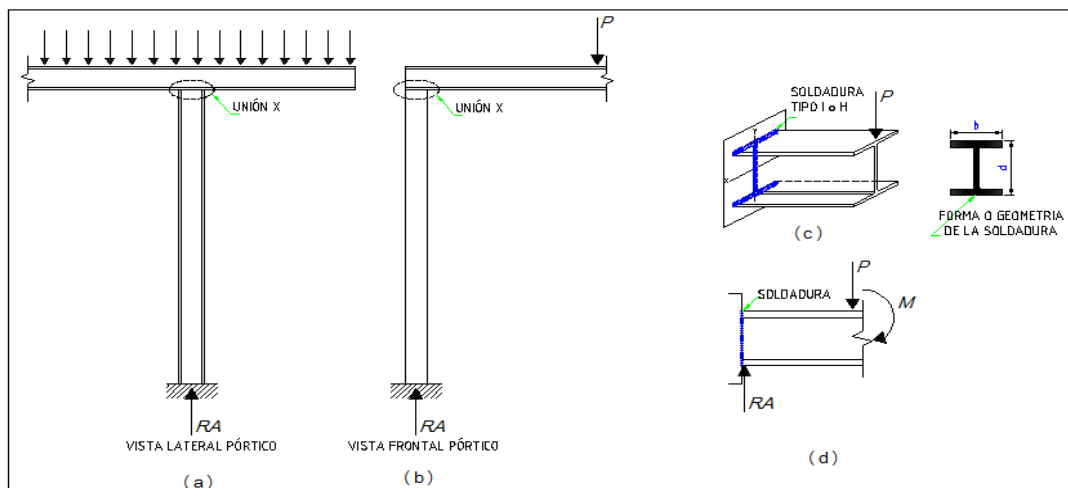
El tamaño de la soldadura de filete determinado es la correcta.

3.18.3.8 Cálculo de la Soldadura Para Unión de la Columna y Vigas

Para este cálculo se hizo un breve análisis para determinar la carga más que está expuesta la columna desde la figura 3.14, donde se observa una columna que tiene una viga cruzado formando un voladizo y en el otro caso la columna tiene una viga perpendicular como se muestra en la figura 3.14.

Figura 3.14:

UNION DE COLUMNA Y VIGA



Fuente: Investigador.

Para continuar con el cálculo por criterio propio consideramos la columna que tiene una viga perpendicular (la vista frontal).

1) Determinación de la Carga

La carga que se consideró para este cálculo es la mitad de la carga utilizado para el cálculo de columna del pórtico que es determinado con la siguiente ecuación:

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec: 1.1}]$$

$$F = 69 \text{ KN}$$

La mitad de esta carga será $F = 34,5 \text{ KN}$ como carga máxima que tiene que soportar la soldadura entre la union de la viga y la columna

2) Cálculo del Área de la Soldadura

Para calcular el área de la soldadura de forma I se aplicó la siguiente ecuación.

$$A_w = 2b + 2d \quad [\text{Ec: 1.21a}]$$

Sabiendo que las dimensiones la altura es $d = 30,96$ cm y ancho es $b_f = b = 20,5$ cm del perfil W12X50 de la viga, la resultante del área es:

$$A_w = (2 * 20,5 \text{ cm}) + (2 * 30,96 \text{ cm})$$

$$A_w = 71,96 \text{ cm (centímetros lineal).}$$

3) Cálculo del Módulo de Sección de la Soldadura

Para determinar el módulo de sección de la soldadura se aplicó la siguiente la ecuación:

$$Z_w = \frac{bd + d^2}{3} \quad [\text{Ec: 1.21b}]$$

Conocido el valor $d = 30,96$ cm y $20,5$ cm, la solución es:

$$Z_w = \frac{(20,5 \text{ cm} * 30,96 \text{ cm}) + (30,96 \text{ cm})^2}{3}$$

$$Z_w = 531,06 \text{ cm}^2$$

4) Determinación de la Fuerza Cortante y Momento de Flexión en la Soldadura

Considerando soldadura estará expuesta a un esfuerzo corte vertical directo y a un esfuerzo de flexión debida a la carga ya determinado como se muestra en la figura 3.14 (c) y (d). Para este análisis se consideró una viga voladiza empotrada con una carga en el extremo a una distancia x , para esta solución se aplicó la siguiente ecuación:

$$\sum F = 0 \rightarrow \sum F_y = 0 \quad [\text{Ec: 1.2}]$$

$$M = F * x \quad [\text{Ec: 1.3}]$$

Con los datos de la carga $P = F = 34,5$ KN, el resultado de la fuerza de cortante es:

$$\sum F_y = 0$$

$$V = P$$

$$V = 34,5 \text{ KN}$$

Seguidamente se calculó el momento flector que tendrá que soportar la soldadura

$$M = 252,5 \text{ cm} * 34,5 \text{ KN}$$

$$M = 8711,25 \text{ KN-cm}$$

Este será el esfuerzo sobre la soldadura perpendicular a una línea radial que va desde el centroide *c. g.* del patrón de la soldadura hasta el punto que interseca como se muestra en la figura 3.14 (d).

5) Cálculo del Esfuerzo en la Soldadura Debido a la Carga

Para este caso únicamente se calculó los esfuerzos verticales, horizontales y la combinación de los dos esfuerzos, para cual se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$f_s = V / A_w \quad [\text{Ec: 1.20b}]$$

$$f_b = M / Z_w \quad [\text{Ec: 1.20c}]$$

$$f_R = \sqrt{f_s^2 + f_b^2} \quad [\text{Ec: 1.20d}]$$

Con los datos ya calculado del esfuerzo vertical $V = 34,5 \text{ KN}$ y el área de la soldadura en I $A_w = 71,96 \text{ cm}$, la resultante del esfuerzo vertical es:

$$f_s = \frac{34,5 \text{ KN}}{71,96 \text{ cm}}$$

$f_s = 0,48 \text{ KN/cm}$ (Este será la fuerza hacia abajo en todas las partes de la soldadura).

Con los datos del momento flector ya calculado $M = 8711,25 \text{ KN-cm}$ y de módulo de sección $Z_w = 531,06 \text{ cm}^2$, el esfuerzo horizontal es:

$$f_b = \frac{8711,25 \text{ KN-cm}}{531,06 \text{ cm}^2}$$

$f_b = 16,40 \text{ KN/cm}$ (Este será la fuerza en el sentido horizontal).

A continuación se hace la combinación de los dos esfuerzos haciendo la suma vectorial:

$$f_R = \sqrt{0,48^2 + 16,40^2}$$

$$f_R = 16,40 \text{ KN/cm}$$

6) *Cálculo del Tamaño de la Soldadura de Filete*

Para calcular el tamaño de la soldadura de filete se aplicó la siguiente ecuación.

$$D = \frac{f_R}{\tau_{perm.(elect)}} \quad [\text{Ec: 1.19}]$$

Sabiendo que el $\tau_{perm.(elect)} = 14,4 \text{ KN/cm}^2$ y que la fuerza resultante es $f_R = 16,40 \text{ KN/cm}$, entonces, el tamaño de la soldadura filete es:

$$D = \frac{16,40 \text{ KN/cm}}{14,4 \text{ KN/cm}^2}$$

$D = 1,13 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$ (Tamaño por lado).

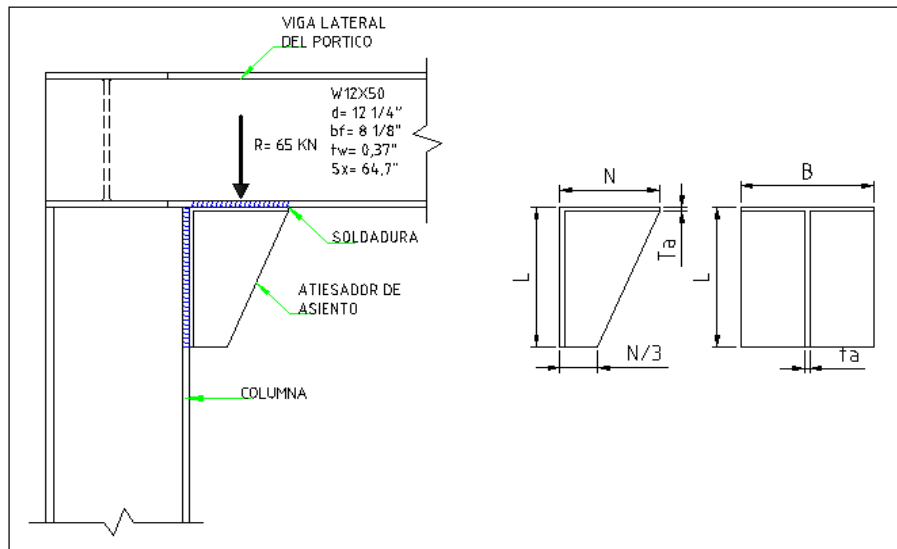
Este es el tamaño que tendrá la soldadura en las uniones principales entre las columnas y vigas principales al rededor de todo su contorno. Pero por recomendaciones del AISC se aplicará soldadura 5/16, en el resto de las juntas el tamaño de la soldadura será determinado mediante la tabla D-8 del "Tamaño de Soldadura de Filete".

3.18.3.9 *Cálculo de Atiesadores Para la Conexión*

También conocido como nervio estructural, su función es ayudar que las conexiones entre las columnas y vigas sean más rígidas ayudando a soportar los esfuerzos cortantes y momentos flectores en el alma y patín de la viga respectivamente, como indica en la figura 3.15.

Figura 3.15:

BOSQUEJO DEL NERVIO ESTRUCTURAL



Fuente: Investigador.

Seguidamente se detallan los procedimientos para calcular las dimensiones del atiesador.

1) *Determinación de la Reacción Sobre el Atiesador*

Considerando que la reacción es igual al peso o carga, la carga que se utilizó para cálculo del atiesador es el utilizado para calcular la viga del pórtico que es determinado con la siguiente ecuación.

$$F = \sum W_m + \sum W_y + \sum K F_y + F_w + \sum F_{div} \quad [\text{Ec.1.1}]$$

La reacción máxima sobre el atiesador es igual a la carga $R = 65 \text{ KN}$.

2) *Determinación del Espesor del Atiesador*

Según la especificación AISC el espesor del atiesador debe ser menos tan grueso como el alma de la viga a la parte que sirva de apoyo. Conociendo que el espesor del alma de la viga es $t_w = 10$ mm entonces el espesor del atiesador es:

$$t_a = t_w = 10 \text{ mm.}$$

3) *Cálculo del Ancho de Atiesador*

El ancho del atiesador se calculó con las siguientes ecuaciones.

$$R = F_b t_a (N + k) \quad [\text{Ec: 1.27a}]$$

$$k = t_w + 0,375 \text{ Pulg} \quad [\text{Ec: 1.27b}]$$

Para determinar el ancho del atiesador primeramente calculó la excentricidad máxima que puede estar expuesta el atiesador.

$$k = 10 \text{ mm} + 9,53 \text{ mm}$$

$$k = 19,53 \text{ mm}$$

Seguidamente se calculó el ancho del atiesador sabiendo que el esfuerzo permisible a tensión es igual a esfuerzo permisible de diseño $F_b = \sigma_{\text{perm}} = 4,12$ KN/cm² y conocidos el resto de datos, obtenemos la resultante:

$$N = \frac{R}{F_b t_a} - k$$

$$N = \frac{65 \text{ KN}}{4,12 \text{ KN/cm}^2 * 1 \text{ cm}} - 1,95 \text{ cm}$$

$$N = 13,83 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm} = 5 \frac{1}{2} \text{ Pulg.}$$

4) *Cálculo de la Altura del Atiesador*

La altura del atiesador se determinó mediante la tabla D-14 de “Atiesadores Para Conexión de Vigas” mostrado en el anexo D, para lo cual, se tomó en cuenta el parámetro de $N= 5$ Pulg, la reacción $R= 65 \text{ KN} = 14.50 \text{ Klbs}$, el tamaño del lado de la soldadura de filete $D = 5/16$ y el tipo de electrodo es E70 y se procedió a seleccionar la altura que nos da 6 Pulg de altura que soportara la capacidad de 23,5 Klbs

$$L_{at} = 6 \text{ Pulg} = 15,24 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm}$$

5) Cálculo de la Profundidad del Atiesador

La longitud de profundidad del atiesador se calculó con la ecuación siguiente:

$$B = b_f + 4D \quad [\text{Ec: 1.27c}]$$

Con los datos del ancho del perfil W12X50 $b_f = 20,5 \text{ cm}$ y con el tamaño de la soldadura de filete de $D = 5/16 = 8 \text{ mm}$, procedemos a calcular la profundidad:

$$B = 20,5 \text{ cm} + (4 * 0,8 \text{ cm})$$

$$B = 16,4 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

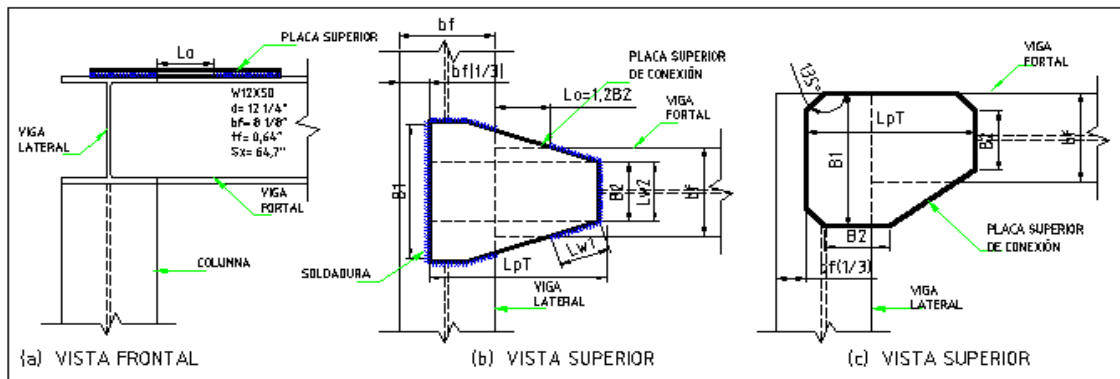
En resumen la dimensión del atiesador será 14 X 16 X 18 cm y 10 mm de espesor. Se usaran atiesadores en todas las conexiones entre las columnas y vigas que forman del pórtico y la soldadura será realizado en todos sus contornos como se muestra en el plano mecánico.

3.18.3.10 Cálculo de las Placas Superiores

La función de las placas superiores es la de complementar con la conexión rígida entre de la columna y viga en la parte superior, y ayudara a desarrollar un momento flector de la viga permitiendo una holgada de tolerancia ajustable en la conexión entre vigas como se muestra en la figura 3.16.

Figura 3.16:

REPRESENTACIÓN DE PLACAS SUPERIORES DE CONEXIÓN



Fuente: Investigador.

1) *Cálculo del Momento Flector en la Conexión*

Considerando que la conexión que está expuesta a un momento flector, se calculó aplicando la siguiente ecuación.

$$\sigma = M/Z \rightarrow M = F_b * Z_x \quad [\text{Ec: 1.8}]$$

Conociendo que el esfuerzo permisible a tensión es igual al esfuerzo permisible de diseño $F_b = \sigma_{perm} = 41,2 \text{ KN/cm}^2$, y el módulo de sección en el eje x del perfil W12X50 es $Z_x = 64,7 \text{ Pulg}^3$ según la tabla D-11, obtenemos la resultante que es:

$$M = (4,12 \text{ KN/cm}^2) * 1060,24 \text{ cm}^3$$

$$M = 4368,188 \text{ KN-cm}$$

2) *Cálculo de la Tensión Horizontal en el Patín de la Viga*

La fuerza de tensión en el patín superior del perfil se calculó considerando que la placa de conexión es superior, y se aplicó la siguiente ecuación:

$$M = F * x \rightarrow T = M / d \quad [\text{Ec: 1.3}]$$

Con los datos del momento flector en la conexión $M = 4368,188 \text{ KN-cm}$ y de la longitud de la altura de sección del perfil, se procedió a calcular la fuerza de tensión:

$$T = \frac{4368,18 \text{ KN-cm}}{30,96 \text{ cm}}$$

$$T = 141,09 \text{ KN}$$

3) Determinación del Ancho de la Placa Superior

Para determinar el ancho de la placa de conexión de la forma que se muestra en la figura 3.16 (b), se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$B_1 = b_f * 2 \quad [\text{Ec: 1.28a}]$$

$$B_2 = \frac{2}{3} b_f \quad [\text{Ec.1.28b}]$$

Conocido que el ancho de perfil de viga es $b_f = 25,4 \text{ cm}$ se procedió a determinar los anchos B_1 (Ancho mayor), B_2 (Ancho menor) de la placa de conexión superior.

$$B_1 = 20,5 \text{ cm} * 2$$

$$B_1 = 40,52 \approx 40 \text{ cm.}$$

$$B_2 = (2/3)*20,5 \text{ cm}$$

$$B_2 = 13,66 \approx 14 \text{ cm}$$

4) Cálculo del Espesor de la Placa de Conexión Superior

El pesor de la placa se calculó considerando en ancho menor de la placa, y aplicando la siguiente ecuación:

$$t_p = \frac{T}{F_b * B_2} \quad [\text{Ec: 1.29}]$$

Considerando que las placas de conexión son complemento para la conexión regida se aplicó el siguiente esfuerzo permisible a tensión $F_b = 0,6 S_y$ sabiendo que el esfuerzo de fluencia del material es $41,2 \text{ KN/cm}^2$, y la solución será:

$$t_p = \frac{141,09 \text{ KN}}{(0,6 * 41,2 \text{ KN/cm}^2) * 13,66 \text{ cm}}$$

$$t_p = 0,42 \text{ cm}$$

Pero por recomendación se utilizo placas de 6 mm de espesor.

5) Cálculo de la Resistencia de la Soldadura de Filete

La resistencia de la soldadura de filete debe tener la capacidad de soportar el esfuerzo del momento flector producido en la viga, para lo que se aplicó la siguiente ecuación.

$$f_R = De * \tau_{perm.(elect)} \rightarrow F_w = (De) (0,3 F_u) \quad [\text{Ec: 1.19}]$$

Sabiendo que la resistencia del electrodo es 70 Ksi, que el tamaño de lado de la soldadura de filete es 3/16 Plug según la tabla 3-14 del “Tamaño de Soldadura de Filete”, la resultante de la resistencia de la soldadura es:

$$F_w = (0,47 \text{ cm} * 0,70711) (0,3 * 70 \text{ Klbs/Pulg}^2)$$

$$F_w = (0,47 \text{ cm} * 0,70711) (14,4 \text{ KN/ cm}^2)$$

$$F_w = 4,85 \text{ KN/ cm}$$

6) Cálculo de la Longitud de la Soldadura

La longitud de la soldadura se calculó aplicando la siguiente ecuación.

$$L_w = \frac{T}{F_w} \quad [\text{Ec: 1.22}]$$

Calculado el esfuerzo de tensión en el patín y la resistencia de la soldadura, la longitud de la soldadura es:

$$L_w = \frac{141,09 \text{ KN}}{4,85 \text{ KN/cm}}$$

$$L_w = 29,09 \approx 30 \text{ cm.}$$

7) Cálculo de la Longitud Total de la Placa de Conexión

Para determinar la longitud total de la placa de conexión superior se aplicó las siguientes ecuaciones.

$$L_p T = L_p + \left[\text{bf} \frac{2}{3} \right] \quad [\text{Ec: 1.30a}]$$

$$L_p = L_o + L_{w1} \quad [\text{Ec: 1.30b}]$$

$$L_o = 1,2 B_2 \quad [\text{Ec: 1.30c}]$$

Primeramente se determinó la distribución de la soldadura representado con L_{w1} y L_{w2} (longitud de soldadura uno y dos) como muestra en la figura 3.15 (b), con los datos ya conocidos de la longitud de la soldadura L_w se obtiene las longitudes uno y dos:

$$L_{w1} = (L_w - B_2) / 1,25 = 12,8 \text{ cm}$$

$$L_{w2} = B_2 = 14 \text{ cm}$$

Seguidamente se determina de la longitud de espaciamiento del momento flector (L_o), que nos da una longitud de:

$$L_o = 1,2 * 14 \text{ cm}$$

$$L_o = 16,8 \text{ cm}$$

Conocido la longitud de espaciamiento del momento flector se calculó la longitud de la placa uno que es la distancia desde B_2 hasta borde de la viga transversal, cuya resultante es:

$$L_p = 16,8 \text{ cm} + 12,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 29,6 \text{ cm}$$

Con los datos ya conocidos se procedió a calcular la longitud total de la placa superior, la resultante es:

$$L_{pT} = 29,6 \text{ cm} + \left[20,5 \text{ cm} \cdot \frac{2}{3} \right]$$

$$L_{pT} = 43,266 \approx 45 \text{ cm}$$

Las dimensiones de placa de conexión están representadas en el plano mecánico. Estas formas de placa serán utilizadas en la conexión superior perpendiculares, y para las conexiones superiores esquineras se utilizara otra forma de placa de conexión con medidas similares de igual espesor como se muestra en la figura 3.16 (c).

3.18.4 Selección de Componentes Para el Sistema de Eléctrico Control

Los componentes que se seleccionaron para el funcionamiento del sistema de extracción son elementos protección, maniobra, control y auxiliares. A continuación describe los elementos a seleccionar.

3.18.4.1 Selección de los Breakers

La función del Breakers es servir de interruptor y de protección contra la corriente de cortocircuitos (I_{cc}) a los circuitos eléctricos, y los parámetros que se consideró para la selección son los siguientes:

- Rango de corriente nominal de protección;
- Rango del voltaje de los contacto.

1) Rango de Corriente Nominal de Protección

Para determinar el rango de corriente nominal a proteger se aplica las siguientes ecuaciones.

$$I_{prot.gen.} = (2,5 * I_n \text{ Motor de } > \text{ Kw}) + \sum I_n \text{ Motores o cargas} \quad [\text{Ec: 1.31.a}]$$

$$I_{prot.ind.} = 1,5 * I_n \text{ del Motor o carga} \quad [\text{Ec: 1.31b}]$$

Conociendo la potencia de motor de cuchara electrohidráulica es de 7,5 Kw ($I_n = 15$ Amp), el del motor elevador del polipasto es de 5,6 Kw ($I_n = 7.5$ Amp) y del motor transportador del polipasto es de 0,55 Kw ($I_n = 0,72$ Amp), se obtuvo los valores de las corrientes a proteger:

$$I_{prot.gen.} = (2,5 * 15 \text{ Amp}) + (7.5 \text{ Amp} + 0,72 \text{ Amp})$$

$$I_{prot.gen.} = 45,72 \approx 50 \text{ Amp. (Breaker protección general)}$$

$$I_{prot.ind.} = 1,5 * 15 \text{ Amp}$$

$$I_{prot.ind.} = 22,5 \approx 25 \text{ Amp. (Breaker protección cuchara elect.)}$$

Según la tabla D-16 de la “guía de selección de breakers” se debe utilizar un breaker de 50 y 25 Amp.

2) Rango del Voltaje de los Contactos

Se considera que el rango de voltaje que tiene que soportar los contactos de los breakers a seleccionar debe ser un voltaje ≥ 440 VAC. A continuación se presenta la tabla de datos de los Breakers seleccionados.

Tabla 3.8:

DATOS DE BREAKERS SELECCIONADOS

Breaker SIEMENS	Código	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)	Rango de Corriente (A)	No de polos
Breaker de I protección general.	QF0	440	60	50	3

Breaker de <i>I</i> protección del motor Cuchara M3.	QF1	440	60	25	3
Breaker de <i>I</i> protección del circuito de control cuchara	QF2	120	60	4	1
Breaker de <i>I</i> protección del circuito de control de nivel.	QF3	120	60	4	1

Fuente: Investigador.

3.18.4.2 Selección del Guardamotor

La función del guardamotor es proteger al motor de sobrecorrientes producido por exceso de carga y así también proteger de la pérdida de fase, los parámetros que se consideró para su elección son:

- Rango de corrientes nominal de la carga ;
- Corriente de sobrecarga; y
- Contacto auxiliar.

1) Rango de Corrientes Nominal de la Carga

Para determinar el rango de corriente nominal de la carga se consideró el parámetro de la corriente nominal del motor que indica en la placa de características. La corriente nominal del motor es $I_n = 15$ Amp.

2) Corriente de Sobrecarga

Es el parámetro de la corriente máxima a la que se debe exponer al motor en un tiempo muy corto de segundos, y se determinó con la siguiente ecuación:

$$I_{\text{prot.sobr.}} = 1,25 * I_n \text{ Motor} \quad [\text{Ec: 1.32}]$$

$$I_{\text{prot.sobr.}} = 1,25 * 15 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{prot.sobr.}} = 18,75 \approx 20 \text{ Amp}$$

Según la tabla D-17 de la “guía de selección de guardamotor” que se muestra el anexo D se debe utilizar un guardamotor de 14- 20 Amp.

3) *Contacto Auxiliar*

Considerando que se requiere de una señal para poder realizar el circuito de control se seleccionó un bloque adicional de contacto con: un contacto auxiliar normalmente abierto y cerrado NA/NC adosables. A continuación se presenta la tabla de datos de guardamotor seleccionado.

Tabla 3.9:

DATOS DEL GUARDAMOTOR SELECCIONADO

Guarda motor TELEMECANIQUE	Código	Tensión	Rango de corriente (A)	Contacto Auxiliar
Guarda motor, para el motor Cuchara M3.	QG1	440	14-20	AN y NC

Fuente: Investigador.

3.18.4.3 *Selección de los Contactores*

La selección del contactor se realizó únicamente para el motor de la cuchara electrohidráulica, porque el circuito de control de polipasto ya viene diseñado y construido por el propio fabricante.

La función del contactor será hacer la maniobra del motor de la cuchara electrohidráulica en dos sentidos de giro. Para la selección del contactor se consideró los siguientes parámetros importantes:

- Categoría de servicio;
- Frecuencia de ciclos de maniobras;
- Voltaje y frecuencia de bobina;
- Corriente de servicio; y

➤ Voltaje de servicio.

1) Categoría de Servicio

Considerando que el contactor a seleccionar es para maniobrar un motor jaula de ardilla (motor lanzado se decir sin carga), y según la tabla de elección de contactores D-18 la categoría de servicio que se debe utilizar es AC3.

2) Frecuencia de Ciclos de Maniobra

Considerando que la duración mecánica de los contactos depende del ciclo de maniobra por periodo del tiempo, se selecciono un contactor que soportar un número máximo de maniobra que se un valor de 600 ciclo de maniobra por hora.

3) Voltaje y Frecuencia de la Bobina

Considerando que se utilizará en mismo voltaje de control del sistema de elevación (Polipasto) que es 120 VAC, se seleccionó un contactor con bobina para dicha tensión disponible y para una frecuencia de 60 Hz que es estandarizado dentro de nuestro medio eléctrico.

4) Corriente de Servicio

Sabiendo que la potencia del motor de la cuchara electrohidráulica es de 7,5 Kw y la corriente nominal es 15 Amp, y que se debe ser sobredimensionado un 25% de la potencia nominal de motor. Según la tabla de elección D-19 se debe utilizar un contactor para una potencia 9 kilowatios.

5) Voltaje de Servicio

Considerando que el voltaje de alimentación del motor es a 440 V, se seleccionó un contactor con contactos que soporte una capacidad de ruptura ≥ 440 VAC. A continuación se presenta la tabla de datos del contactor seleccionado.

Tabla 3.10:

DATOS DEL CONTACTOR SELECCIONADO

Contactor SIEMENS	Código	Bobina		Contactos Principales		
		Tensión (V)	Frecu. (Hz)	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (Kw)
Contactor Arranque motor Cuchara M3.	M-K6	120	60	440	18	9
Contactor Inversión de giro motor Cuchara M3.	M-K7	120	60	440	18	9

Fuente: Investigador.

3.18.4.4 Selección de Mini Relés

Los mini relés se utilizaron para hacer un circuito de control de nivel o llenado de la escoria del tanque sedimentador, y se seleccionó bajo algunos criterios del contactor. Para determinar la cantidad requerida se diseñó el diagrama de control de nivel mostrado en el plano eléctrico SE-CCNE-002-208 del anexo G. Los parámetros que se tomaron para su selección son:

- Voltaje de bobina;
- Numero de polos; y
- Corriente y voltaje de los contactos.

A continuación se presenta la tabla de los mini relés seleccionados.

Tabla 3.11:

DATOS DE LOS MINI RELÉS SELECCIONADO

Mini relé RELECO	Código	Bobina		Contactos Principales		
		Tensión (V)	Frecu. (Hz)	Tensión (V)	Corriente (A)	Nº de Polos

Mini Relé para salida de sensor de nivel.	R1	220	60	250	10	2
Mini Relé circuito de control.	R2	120	60	250	10	2
Mini Relé circuito de control.	R3	120	60	250	10	2
Mini Relé circuito de control.	R4	120	60	250	10	2

Fuente: Investigador.

3.18.4.5 Selección de los Pulsadores

La selección de pulsadores de marcha y paros, y parada de emergencia que permiten la operación desde la una caja moldeada (Botonera) exclusivo para manejo de puentes grúas y desde un tablero de control en caso del circuito de control de nivel de escoria. Estos elementos se seleccionaron bajo los siguientes parámetros:

- Tipos de contactos requeridos;
- Accionamiento;
- Luz piloto;
- Número de posiciones; y
- Dimensiones físicas.

A continuación se presenta la tabla de parámetros de los pulsadores seleccionados.

Tabla 3.12:

DATOS DE PULSADORES SELECCIONADOS

Botonera	Código	Contacto	Accionamiento	Luz piloto	Nº de posiciones
Pulsante de emergencia con llave de seguridad	Pb0	NC	Pulsante tipo hongo	No	1
Pulsante de marcha abrir cuchara M3.	Pb1	NA	Pulsador color negro	No	1
Pulsante de marcha cerrar cuchara M3.	Pb2	NA	Pulsador color negro	No	1
Pulsante de apagado y reset del circuito de control de nivel.	Pb3	NC NA	Pulsador color verde	No	2

Fuente: Investigador.

3.18.4.6 Selección del Sensor de Nivel de Escoria

La función del sensor será indicar que el tanque ya está lleno de escoria, este envía una señal al circuito de control de nivel para que este a su vez haga activar una alarma de aviso. Y para seleccionar un sensor adecuado se consideró los siguientes parámetros.

- Tipo de material a detectar;
- Voltaje de alimentación; y
- Tipo de señal o salida.

A continuación se presenta la tabla del sensor seleccionado.

Tabla 3.13:

DATOS DEL SENSOR SELECCIONADO

Sensor	Código	Salida	Voltaje de alimentación	Material a detectar
SIEMENS				
Sensor para nivel de escoria del tanque sed.	Sb1	Carga óhmica a relé	250 VAC	Polvo y sólidos a granel

Fuente: Investigador.

3.18.4.7 Selección de Gabinetes Para los Circuitos Eléctricos

La función de los gabinetes es alojar a todos los elementos que conforman un circuito eléctrico de control y potencia. Para la selección de los gabinetes se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Área total de elementos a alojar;
- Dimensiones recomendados de ventilación de los elementos a alojar
- Disponibilidad de doble fondo;
- Adaptación de las dimensiones estandarizadas.

A continuación se presenta la tabla de los gabinetes seleccionados.

Tabla 3.14:

DATOS DE LOS GABINETES SELECCIONADOS

Gabinete BEAUCOUP	Descripción	Alto (cm)	Ancho (cm)	Profundidad (cm)
Gabinete para Circuito de acometida y enlace	GA1	30	30	16
Gabinete para Circuito de enlace	GE1	20	20	16
Gabinete para Circuito de control de nivel de escoria	GCN1	30	30	16
Botonera para Control Polipasto Cuchara	E2A			

Fuente: Investigados

3.18.4.8 Dimensionamiento de Conductores Eléctricos

Para dimensionar los conductores eléctricos se consideró los parámetros que se presentan a continuación:

- Definir la tensión nominal del cable;
- Determinar la corriente de proyecto;
- Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación;
- Determinar la sección por el criterio de “capacidad de conducción de corriente”;
- Verificar la sección por el criterio de “corriente de cortocircuito”;
- Verificar la sección por el criterio de “caída de tensión”;
- Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

Además se utilizó la tabla D-20 de “conductores” que se muestra el anexo D y la siguiente ecuación:

$$s = \frac{\sqrt{3} * I * l * \text{Cos } \varphi}{X * u} \quad [\text{Ec: 3.33a}]$$

$$u = \frac{u_p * V}{100} \quad [\text{Ec: 3.33b}]$$

Donde:

s = Sección del área de conductor

I = Intensidad que circula por el conductor;

l = Longitud del conductor;

X = Contante (56 para el conductor de cobre y 35 para el conductor de aluminio)

u = Caída de tensión;

u_p = Caída de tensión en porcentaje (Consideramos 1,5%)

V = Voltaje entre línea;

$\text{Cos } \phi$ = Contante (0,85)

100 = Contante.

Aplicando estos parámetros y ecuación se determinó el conductor para los siguientes circuitos eléctricos:

1) Conductor Para la Acometida eléctrica

Conociendo el consumo total de la corriente $I = 21$ Amp., la longitud del cableado $L = 40$ m y aplicando la formula se determinó que se debe utilizar un cable multipolar # 3X10 AWG con chaqueta de PVC que tiene una sección $5,26 \text{ mm}^2$ y circulará una tensión de 440 VAC.

2) Conductor para el Motor de la Cuchara Electrohidráulica

De igual forma conocido la corriente nominal del motor $I = 15$ Amp. la longitud $L = 18$ m del cables y aplicando la ecuación [Ec: 3.37] se determinó utilizar un cable multipolar # 3X14 AWG con chaqueta de PVC que tiene una sección de $1,63 \text{ mm}^2$.

3) Conductor Para el Circuito de Control

Para realizar estos circuitos de control se utiliza un cable extra flexible # 16 AWG por recomendación del departamento eléctrico de la empresa Novacero.

3.18.5 Proceso de Construcción de los Elementos de la Estructura Metálica

Luego de haber calculado y seleccionado el tamaño de cada uno de los elementos que constituyen la estructura de acero se procedió a su respectiva construcción o fabricación de los elementos que no se pueden encontrar el mercado nacional los perfiles que se construyeron son: los perfiles W o I, los perfiles T, los atizadores y las placas de conexión, todo estos procesos se realizó en taller de construcción.

A continuación se describe el proceso de construcción de los elementos.

3.18.5.1 Construcción de los Perfiles W

Los perfiles W se utilizó para la construcción de la viga riel, columnas, vigas y viguetas como se describió anteriormente y el procesos de construcción es igual para cualquier dimensión, como se muestra en la figura 3.17.

Para la construcción del perfil W21X111 que conforman la viga riel, se utilizó planchas de acero estructural ASTM A-36 de 20 mm y 15 mm de espesor para el patín y alma respectivamente; para los perfiles W12X50 que conforman las vigas y columnas de la estructura se utilizó el mismo tipo de acero pero de 15 mm y 10 mm de espesor para el patín y alma respectivamente; y para el perfil W8X13 que conforman las viguetas también se utilizó acero ASTM A-36 de 6 mm de espesor tanto para el patín y el alma.

La construcción de los perfiles se realizó de acuerdo a las dimensiones de los planos mecánicos EM-VRP-001-101, EM-VF-001-103, EM-VLS-001-104, EM-CE-001-107, EMVPA-001-111, EM-VL-001-113 Y EM-VP-011-116 detallados en el anexo F, donde, sobre las planchas de acero se hizo el trazado de las placas que forman los perfiles, y posteriormente se procedió a cortar utilizando el

proceso PAW (corte y soldadura por arco) como se muestra la figura 3.17. Y para la construcción del los perfile se utilizó la uniones soldadas por el proceso de arco metálico con gas (GMAW).

Figura 3.17:

TRAZADO Y CORTE DE LAS PLACAS DE LOS PERFILES W



Fuente: Investigador.

Finalmente los perfiles ya listos los perfiles se les procedieron a pintar con fondo anticorrosivo como se muestra en la figura 3.18.

Figura 3.18:

CONSTRUCCIÓN DE LOS PERFILES W



Fuente: Investigador.

3.18.5.2 Construcción de los Perfiles T

Para la construcción de los perfiles T que conforman los contravientos superiores se utilizó simplemente perfil ángulo de lados iguales de L2X2X 3/16 Pulg, los cuales son cortados según las dimensiones detallados en el plano mecánico EM-CS-001-106 mostrado en el anexo F, y se ensambló mediante la unión por el proceso de soldadura por arco eléctrico (SMAW).

3.18.5.3 Construcción de los Nervios Estructurales

Con las dimensiones detalladas en el plano mecánico EM-NE-001-118 mostrados en el anexo F, utilizando placas acero ASTM A-36 de 10 mm de espesor, se procedió primeramente al trazado de las dimensiones de los atiesadores, luego se procedió a cortar utilizando el proceso el PAW y seguidamente se realizo el biselado en la pierna o alma del nervio. Listo las piezas que forman el nervio se procedió a ensamblar usando la soldadura por el proceso SMAW.

3.18.5.4 Construcción de las Placas Bases, Placas Superiores, Placas Rigidizadores y Placas de Tope

Utilizando placas de acero estructural ASTM A-36 de 20 mm de espesor para las placas bases, de 6 mm de espesor para las placas de superiores y de 10 mm para las placas Rigidizadores, se realizó el trazado de las respectivas dimensiones detallados en el plano mecánico EM-PCI-001-102, EM-PCIL-001-105, EM-PRC-001-108, EM-PB-001-109, EM-PTVR-001-110 y EM-PCE-001-119 mostrado en el anexo F, y seguidamente se procedió al corte utilizando el proceso PAW, como se muestra en la figura 3.19. En la placa base se realizó agujeros de 25 mm de diámetro para respectivos pernos de anclaje a las distancias indicados en el plano mecánico.

Figura 3.19:

TRAZADO Y CORTE DE PLACA BASE Y PLACAS DE CONEXIONES SUPERIORES



Fuente: Investigador.

3.18.6 Montaje de la Estructura Metálica

El proceso de montaje es el trabajo que se realizó en el campo del proyecto o sitio a ejecutar la estructura de acero. Para iniciar con el proceso se transportó al sitio

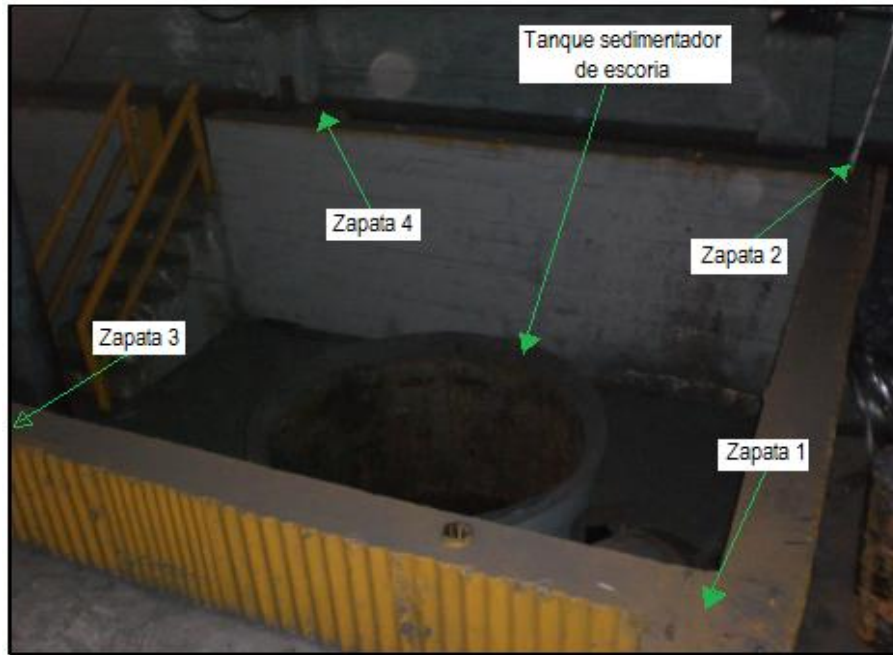
de la obra todos los elementos que constituyen la estructura fabricados en el taller, así como también los equipos y demás materiales necesarios. Además para todo el proceso de montaje se utilizó juntas o uniones por el proceso de soldadura por arco eléctrico (SMAW) según indica el plano mecánico EM-EG-001 mostrado en el anexo F. A continuación se detallan los procesos que se realizó para el montaje aplicando las respectivas normas de montaje:

- 1) El primer proceso de montaje consistió en colocar las placas base en las respectivas zapatas de hormigón armado construidos para el montaje de la estructura y se sujetaron con las respectivas tuercas anteponiendo rodela.
- 2) Seguidamente utilizando el puente grúa disponible en el tren de laminación se procedió a colocar columnas sobre las placas base para ser soldados con la misma, para lo cual primeramente se tuvo que ponerlos rectos a nivel y alineados con la ayuda de un topógrafo y un nivel. Ver figura 21 para la ilustración.
- 3) El siguiente proceso que se realizó es el montaje de las vigas laterales y frontales con la ayuda del puente grúa, para el montaje de las vigas frontales se realizó primeramente los respectivos destajes como detallan en los planos mecánicos EM-VFS-001-103 mostrados en el anexo F para luego ser soldados. Ver la ilustración en la figura 3.22.
- 4) Como siguiente proceso que se realizó es el montaje de las viguetas laterales y posteriores en la mitad de altura de las columnas, para este montaje primero se soldó ángulos de asiento. Ver figura 3.22 para la ilustración.
- 5) Montados los elementos principales se procedió a terminar soldando todas las uniones como se detalla en los respectivos planos mecánico de montaje EM-EG-001 mostrado en el anexo F, y además se procedió a pulir o esmerilar las soldaduras donde se asientan las placas superiores de conexión. Ver figura 3.23 para la ilustración.

- 6) Seguidamente se procedió a soldar las placas superiores entre las uniones de las vigas, así como también los atiesadores o nervios entre la union de columnas y vigas como se muestra en la figura 3.24 y 3.25 respectivamente.
- 7) El siguiente proceso que se realizó es el montaje de la viga riel que constituye como parte del sistema de elevación, el mismo que es unido a la parte superior de las vigas de la estructura mediante el proceso de soldadura SMAW. Ver figura 3.26 para la ilustración.
- 8) El siguiente proceso que se realizó es la colocación de los contravientos laterales y superiores, los contravientos superiores fueron soldados sobre las placas superiores de conexión. Con este proceso se termina la construcción de la estructura de acero. Ver la ilustración en la figura 3.27.
- 9) Y como proceso final se realizó el rematado total (soldado) de los todos los elementos para terminar con la construcción total de la estructura y proceder la instalación de los mecanismo.

Figura 3.20:

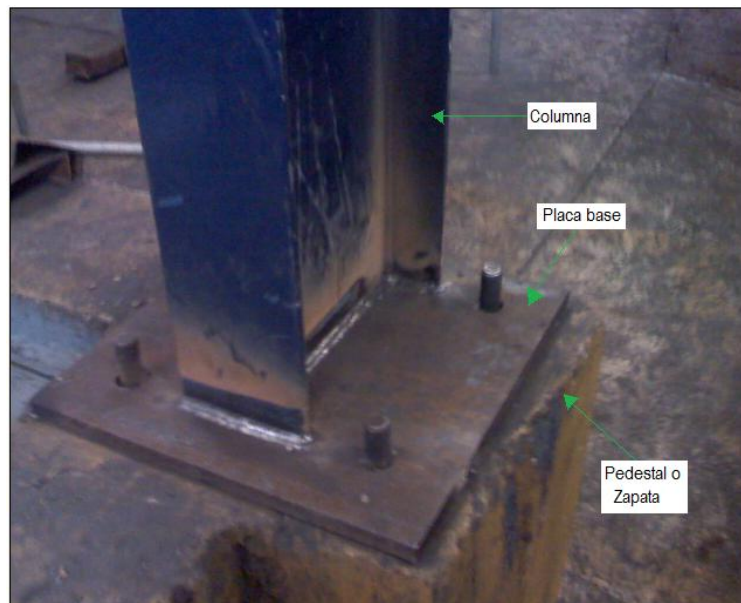
IDENTIFICACIÓN DEL LOS PEDESTALES PARA EL MONTAJE



Fuente: Investigador.

Figura 3.21:

MONTAJE Y UNION DE LA COLUMNA Y PLACA BASE



Fuente: Investigador.

Figura 3.22:

MONTAJE VIGAS Y VIGUETAS DEL PÓRTICO



Fuente: Investigador.

Figura 3.23:

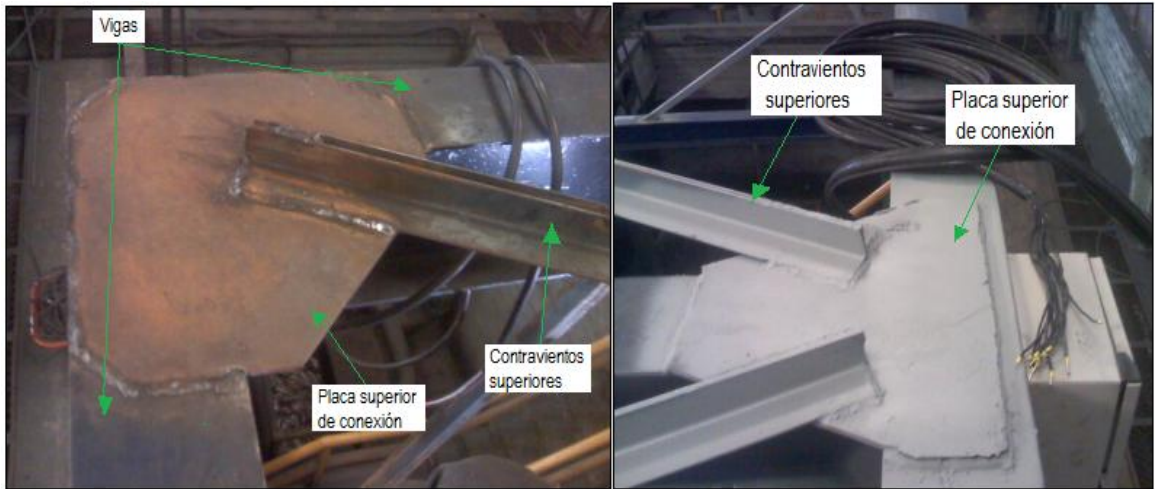
REMATADO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA



Fuente: Investigador.

Figura 3.24:

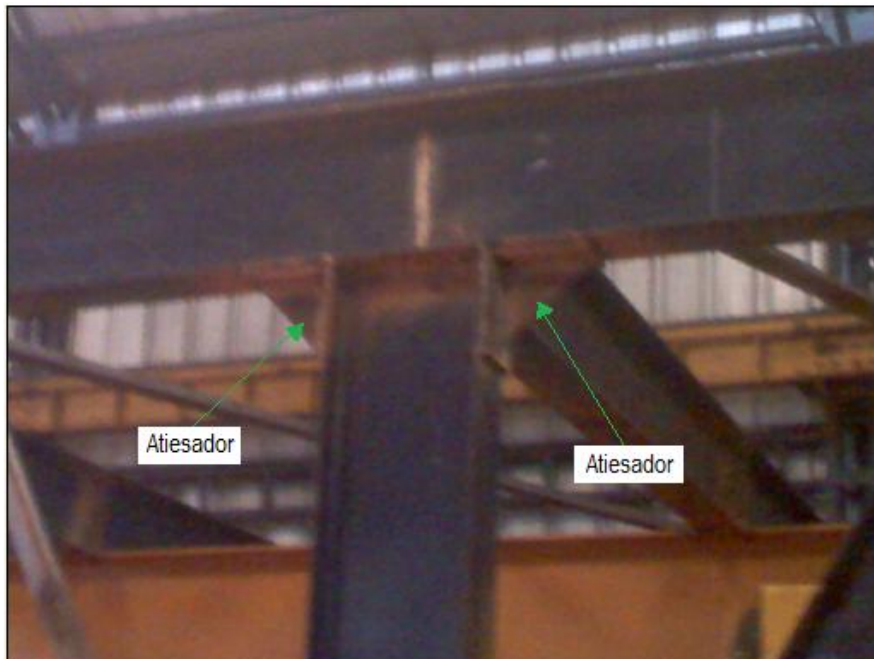
SOLDADO DE LAS PLACAS SUPERIORES DE CONEXIÓN



Fuente: Investigador.

Figura 3.25:

SOLDADO DE LA ATIESADORES ENTRE COLUMNAS Y VIGAS



Fuente: Investigador.

Figura 3.26:

MONTAJE DE LA VIGA RIEL



Fuente: Investigador.

Figura 3.27:

MONTAJE DE LOS CONTRAVIENTOS LATERALES Y SUPERIORES.



Fuente: Investigador.

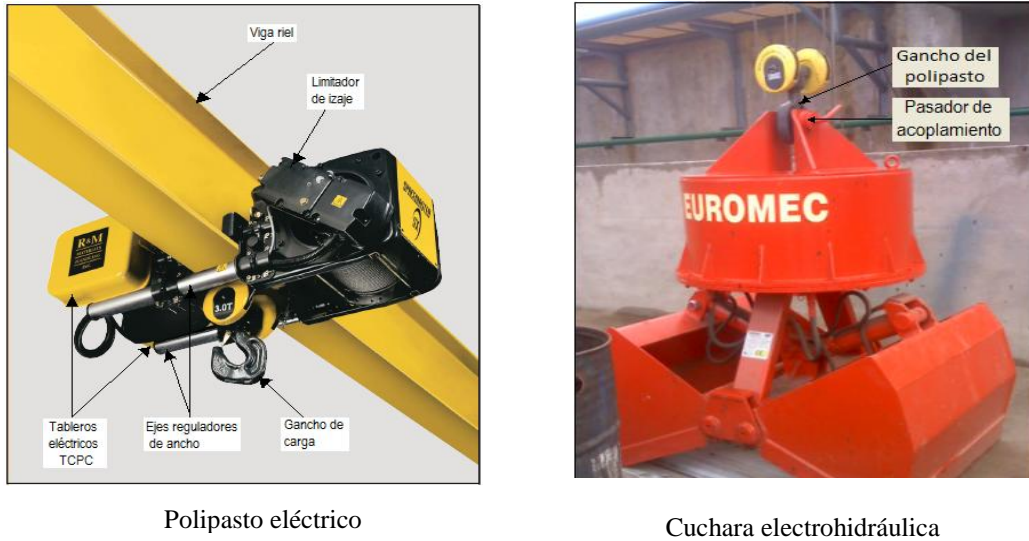
3.18.7 Instalación del Polipasto Eléctrico y la Cuchara Electrohidráulica

La instalación de los equipos se realizó una vez ya construido la estructura de acero, para lo cual se realizó los siguientes pasos:

- 1) Para instalación del polipasto eléctrico primero se calibró en ancho entre las pestañas de las ruedas del carro transportador según el ancho del patín de la viga riel, posteriormente es elevado mediante un montacargas para ser colocado en la viga riel y como paso final se soldó topes en los extremos de la viga riel para evitar que salga de la misma.
- 2) El proceso de instalación de la cuchara electrohidráulica es simplemente sencillo que consistió únicamente en sacar el pasador de la parte superior de la cuchara para adaptar al gancho del polipasto. Ver figura 3.28 y 3,29 para la ilustración.

Figura 3.28:

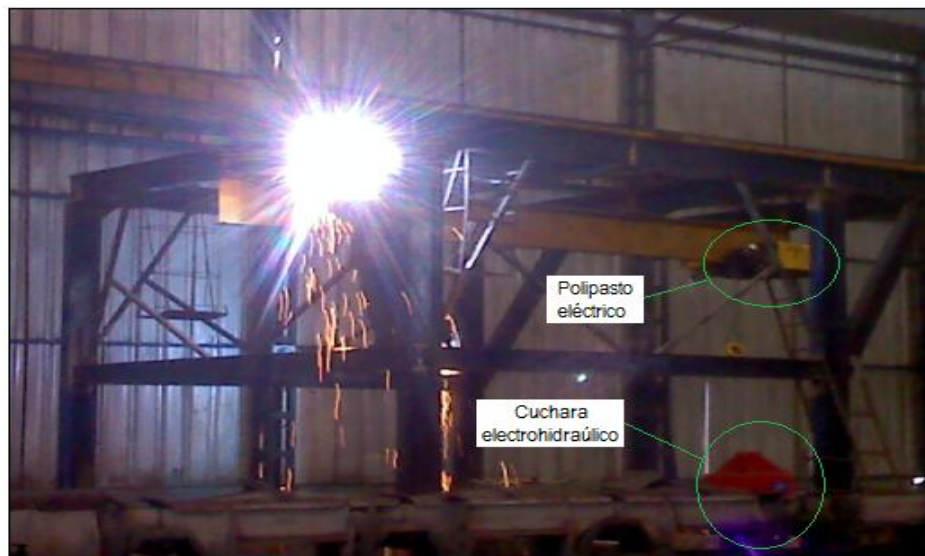
ILUSTRACIÓN DEL POLIPASTO ELÉCTRICO Y LA CUCHARA ELECTROHIDRÁULICA



Fuente: Investigador.

Figura 3.29:

INSTALACIÓN DE POLIPASTO ELÉCTRICO Y CUCHARA ELECTROHIDRÁULICA



Fuente: Investigador.

3.18.8 Diseño y Construcción del Sistema Eléctrico

El diseño y construcción del sistema eléctrico consistió en armar los tableros o gabinetes eléctricos de control que está constituido por dispositivos de desconexión y conexión de receptores, dispositivos de protección, señalización, dispositivos auxiliares y cableados.

3.18.8.1 Características Eléctricas del Tablero

Los tablero de control eléctrico se diseñó y fabricó utilizando componentes de alta calidad y confiabilidad. Entre las características más importantes que tiene los tableros son los siguientes:

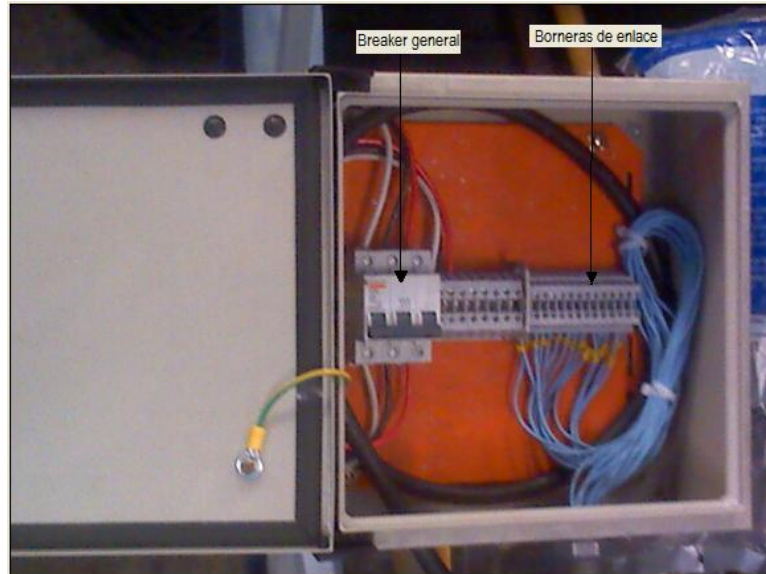
- Activación independiente entre los circuitos de control y potencia;
- Protección para cortocircuito y sobrecarga mediante elementos protectores;
- Regletas terminales de fácil acceso, claramente identificadas, protegidas y montadas en soportes de riel DIN para facilidad de montaje y mantenimiento.
- Cableado con todas las puntas de cables con terminales de presión.
- Marquilla en cada uno de los dispositivos de acuerdo a las normas establecidas.

3.18.8.2 Construcción del Tablero de Acometida y Distribución

Al tablero GA1 que se muestra en la figura 3.30 es donde llega la alimentación trifásica de 440VAC (R, S, T) mediante el cable sucre # 3X10 AWG a los respectivos borneras del Breaker general de protección QF0 para de aquí ser distribuido para el circuito de control del polipasto y cuchara electrohidráulica. Además este tablero también servirá de enlace con el gabinete GE1, en el plano eléctrico SE-AEM-002- 201 del anexo G se muestra a detalle el circuito eléctrico de acometida o alimentación.

Figura 3.30:

TABLERO ELÉCTRICO DE ACOMETIDA Y ENLACE



Fuente: Investigador.

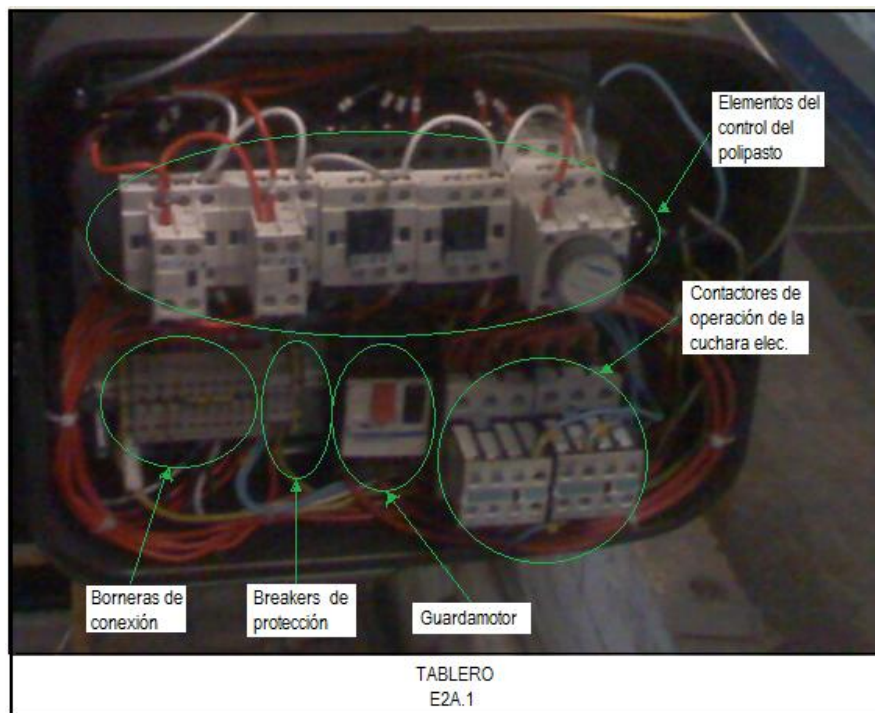
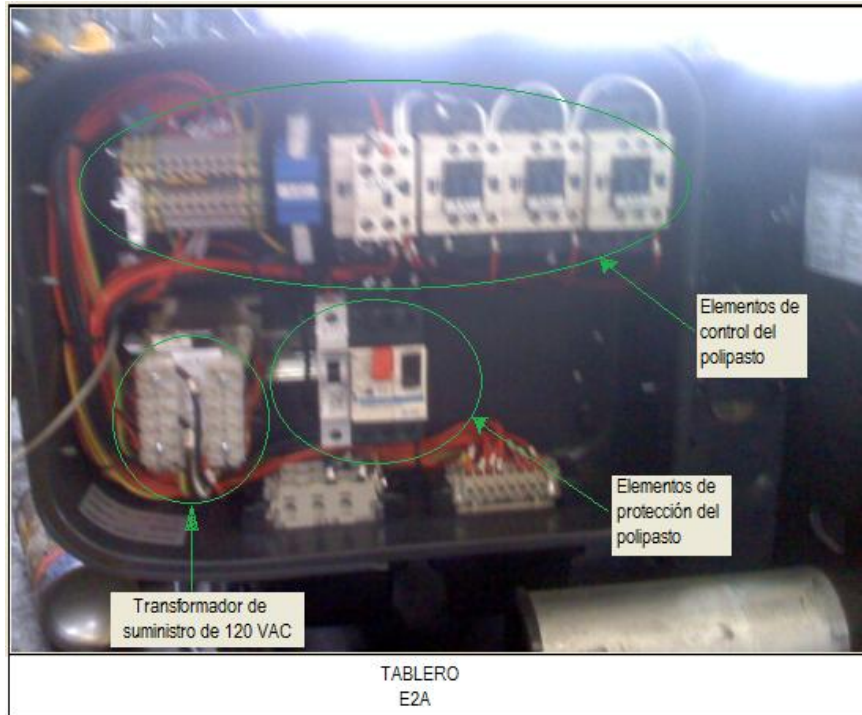
3.18.8.3 Construcción del Tablero de Control de la Cuchara Electrohidráulica

El circuito de control de la cuchara se construyó en el mismo tablero del polipasto eléctrico designado E2A y E2A.1 según su plano eléctrico de polipasto R&M considerando que si se disponía del espacio suficiente para la construcción, este circuito posee dos contactores M-K6 y M-K7, breaker QF1 y QF2, un guardamotor QG1, el cableado de fuerza es realizado con cable # 3X14 AWG y cableado de control con cable # 16 AWG.

Los breakers QF1 y QF2 interrumpen el suministro de energía al circuito de fuerza y de control respectivamente de la cuchara electrohidráulica; el guardamotor QG1 también interrumpe la alimentación de energía por sobrecarga; y los contactores M-K6 y M-K7 permite la maniobra del motor del sistema hidráulica de la cuchara en dos sentido que es operado desde la botonera de control, el circuito eléctrico se detalla en los planos eléctricos SE-CCC-002-204, y SE-CBC-002-206 que se muestra en el anexo G.

Figura 3.31:

TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE LA CUCHARA

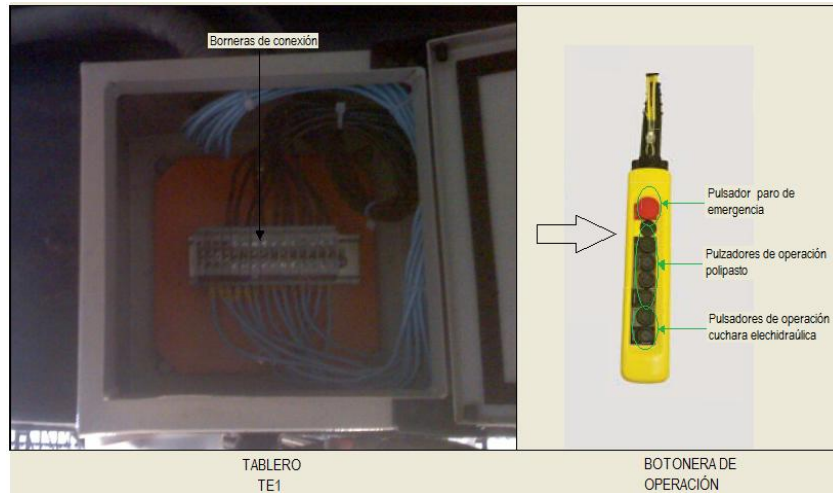


Fuente: Investigador.

3.18.8.4 Construcción del Tablero de Enlace

Figura 3.32:

TABLERO DE ENLACE



Fuente: Investigador.

El tablero de enlace que tiene designación GE1 permite el enlace del cableado de control entre el tablero E2A, E2A.1 el GA1 y la botonera de mando BM1 donde se encuentran los respectivos pulsadores para cada operación de los mecanismos (cuchara electrohidráulica y polipasto). Este tablero está construido con borneras de conexión como muestra la figura 3.32.

3.18.8.5 Construcción del Tablero de Control de Nivel del Tanque Scale Pitt

Este circuito de control permite dar aviso que el tanque sedimentador ya está lleno de escoria para proceder a extraer, este circuito estará construido por mini relés, un sensor de nivel, un dispositivo de aviso y un breaker.

Los elementos del circuito estarán montados en riel DIN al igual que los otros circuitos y cada dispositivo realizará una función; los mini relés realizan en si el circuito control, el sensor de nivel de tipo vibrante que estará instalado dentro del tanque de escoria dará una señal al dejara de vibrar cuando el tanque sedimentador está lleno, la lámpara o sirena dará un aviso visual o auditiva al

operador, el pulsador apagará la luz mediante un reset del circuito de control y por último todo el circuito está protegido por un breaker. El circuito se detalla en el plano eléctrico SE-CCNE-002-208 mostrado en el anexo G.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se llegó a conocer las normas, códigos, ecuaciones y aspectos importantes que ayudarán a dimensionar correctamente cada uno de los elementos que constituyen la estructura de acero así como también para seleccionar el equipo de elevación y el mecanismo de manejo de escoria.
- Con las técnicas de investigación aplicadas se llegó a comprobar que los gerentes entrevistados demostraron gran interés y apoyo al proyecto propuesto, por lo que la propuesta sí es factible para su implementación.
- Las dimensiones establecidas en los planos, las normas AISC y AWS ayudaron a la correcta construcción de los elementos estructurales como al ensamblaje del mismo; además, el equipo de elevación (polipasto eléctrico) y mecanismos de manejo de materiales (cuchara electrohidráulica) se encuentran instalados según las respectivas instrucciones de cada fabricante, haciendo de esta manera que el sistema de extracción sea funcional y seguro.

Recomendaciones

- Para realizar el análisis y el dimensionamiento de los elementos de una estructura metálica se recomienda aplicar un adecuado factor de diseño o seguridad así como las recomendaciones establecidas por las normas y especificaciones AISC.
- Se recomienda tomar en cuenta el parámetro de la capacidad como uno de los aspectos importantes para la selección del equipo de elevación y el mecanismo de manejo de materiales.
- Se recomienda utilizar una buena guía de entrevista y una metodología de investigación adecuada para obtener un análisis de la entrevista satisfactorio.

- Se recomienda interpretar correctamente los planos mecánicos y eléctricos, para la construcción de los elementos y el montaje de la estructura a las dimensiones establecidas y para construcción de los tableros eléctricos que conforma el sistema de extracción.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Citada

- 1) MANGONON, PART L., “Ciencia de Materiales”, 1era Ed., Editorial Pearson Educación; México, 2001, Pág. 272, 302, 303, 460-466, 754-762.
- 2) VARGAS, ESTRELLA, “Mejoramiento de la calidad del producto en el proceso de fabricación en la empresa Novacero S.A.” Trabajo de titulación (Tecnología Industrial), Tecnológica Indoamérica, 2007, Pág. 21, 23-25.
- 3) MERIAM, J.L., “Estática”, 3era Ed.; Universidad Politécnica de Barcelona; Editorial Reverte S.A, 1985, Pág. 119.
- 4) BEER, JOHNSTON, EISENBERG, “Mecánica Vectorial para Ingenieros”, 8va Ed., Editorial McGraw-Hill, México, Pág. 316, 81,363, 160,161, 363 y 364.
- 5) MORA, J., “Estudio de Optimización para el Diseño de Pórticos Biarticulados de cubierta Poligonal”, Trabajo de Titulación (Explotaciones Agropecuarias), Universidad de Castilla - La Mancha, 2002, Pág.3.
- 6) JACK C, “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD”, 2da Ed., Editorial Alfaomega, México, 2002, Pág. 126, 127, 130, 133, 431.436, 441, 443, 680 y 683.
- 7) SHIGLEY, Josep E., “Diseño en Ingeniería Mecánica”, 6ta. Ed., Editorial McGraw-Hill; México, 2002, Pág. 29, 105, 27, 113, 114, 28, 29, 434 y 435.
- 8) JAMES M., Gere, “Mecánica de Materiales”, 6ta Ed., Editorial Thomson, México, Pág. 269, 270, 3, 6, 39, 40, 853, 751, 787 y 788.

- 9) SPOTTS M.F., “Elementos de Maquinas”, 7ta Ed., Editorial Printice Hall, México, 1999, Pág. 24.
- 10) MOTT, Robert L., “Diseño de Elementos de Maquinas”, 2da Ed.; Editorial Printice Hall, México, 1992, Pág. 178, 767, 771 y 770.
- 11) BOWLES, Joseph E., Diseño de Acero Estructural, 1^{ra} Ed.; Editorial Limusa, México, 1993, Pág. 299, 301, 469, 472, 473, 484, 481, 482, 493 y 494.
- 12) LÓPEZ, José M., “Mecánica de Talleres”, Soldaduras, Uniones y Calderería”, 1era Ed., Editorial Cultural S.A; España, 1987, Pág. 44 y 45.
- 13) INDURA, Manual de Soldadura, Chile, Pag.26 y 27
- 14) AISC, “Manual of Steel Construction”; 8va ed.; 1987, Pág. 3-100, 3-1013, 3-100 y 3-101.
- 15) BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA, “Interpretación de Planos y Esquemas Eléctricos, Aparamenta Eléctrica”, Editorial Ceac S.A., Perú, 2000, Tomo 2, Pág. 111.
- 16) BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA, “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos”, Editorial Ceac; Perú, 2000, Tomo 1, Pág. 250, 267, 216, 217, 218, 308 - 312.
- 17) BIBLIOTECA DEL INTALADOR ELECTRICISTA, “Medidas y Gestión Energética, Conductores y Canalización, Cálculo de Instalaciones, Instrucciones de Montaje y Seguridad”, Editorial Ceac, Perú, 2000, Tomo 3, Pág. 101 y 165.

- 18) SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual Electrónico Telemecanique, Tecnologías de Control Industrial”, Barcelona, 1999, Pág. 68-71, 12-14, 15-16, 23-26, 52-55.
- 19) NOVACERO, “Forjado la Historia del Acero en Ecuador”, 2008, Pág. 10 y 11.

Páginas Web:

- 1) <http://www.construmatica.com>, Proceso de Fabricación del Acero a Partir de Chatarra, CONSTRUMATICA, 23-07-09.
- 2) <http://www.euromecsrl.com>, Hidraulic Equipments for Demolition and Handling, EUROMECC, 16-05-09.
- 3) <http://www.euromecsrl.com>, Pulpos Electrohidráulicos, EUROMECC, 17-05-09.
- 4) <http://www.council.com>, Sistemas Hidráulicos, FILTER MANUFACTURERS COUNCIL; 07-24-09.
- 5) <http://www.euromecsrl.com>; Cucharas Electrohidráulicas, EUROMECC, 16-04-09.
- 6) <http://www.rmhoist.com>, Grúas Modulares QX, R&M MATERIALS HANDLING INC, 16-08-09.
- 7) <http://www.novacero.com>, “Resumen Ejecutivo”, NOVACESO S.A, 13-08-09.

Bibliografía Consultada

CORFOPYM, “Manual de Procesos de Soldadura Eléctrica MIG MAG – TIG”, 2004.

LINDER MICHAEL AMANCIO, “Autodesk inventor Profesional 2008” 1era Ed., Editorial Macro, Perú, 2008.

MONANER Y SIMON S.A; “Dibujo Técnico Mecánico”: Editorial Prentice-Hall.

PANTIGOSO, Henry, “Aplicaciones Teórico y Práctico SAP 2000”, 1ra Ed., Editorial Megabyte, Perú, 2003.

VILORIA, José Roldán; “Automatismos y Cuadros Eléctricos”; 4ta Ed., Editorial Paraninfo SA., España, 2001.

Páginas Web

<http://www.construmatica.com>, Estructuras Metálicas, CONSTRUMATICA, 01-06-09.

<http://www.cfnavarra.es/insl>, Guía para la Adecuación y Evaluación de Riesgos en Puentes Grúa, INSL, 16-06-09.

<http://www.pgruag.com>, Mantenimiento de Puentes Grúas & Aparejos Eléctricos, PGRUAG, 18-07-09.

www.monografias.com, Mantenimiento Preventivo de un Puente Grúa, MONOGRAFIAS, 18-04-09

