



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONDICIONES
ADECUADAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL ESTABLO DE LA
FINCA LOS ROSALES, PARROQUIA ALLURIQUÍN**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

EDWIN PATRICIO PAREDES MOYANO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONDICIONES
ADECUADAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL ESTABLO DE LA
FINCA LOS ROSALES, PARROQUIA ALLURIQUÍN**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: EDWIN PATRICIO PAREDES MOYANO

DIRECTOR: Ing. JORGE SEBASTIÁN BUÑAY GUAMÁN

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Edwin Patricio Paredes Moyano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Edwin Patricio Paredes Moyano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de noviembre de 2022



Edwin Patricio Paredes Moyano

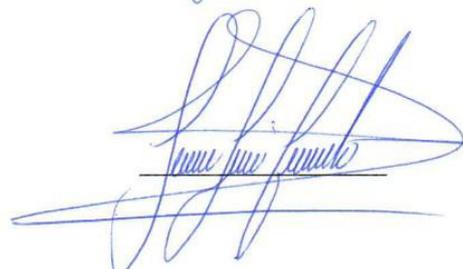
230052594-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONDICIONES ADECUADAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL ESTABLO DE LA FINCA LOS ROSALES, PARROQUIA ALLURIQUÍN**, realizado por: **EDWIN PATRICIO PAREDES MOYANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-24
Ing. Jorge Sebastián Buñay Guamán, MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-24
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-24

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Edwin y Edid quienes me alentaron a ser una buena persona y alcanzar mis metas con su apoyo incondicional y su confianza en todo momento, también me enseñaron a distinguir entre el bien y el mal, nunca subestimarme y tomar las mejores decisiones. A mi hermana melliza Diana por brindarme sus sabios consejos en los momentos de dificultad durante mis estudios universitarios. A mis amigos y compañeros por su sincera amistad.

Edwin

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento infinito a mis padres quienes han sido la razón por la cual he podido cumplir mis objetivos a pesar de las dificultades que hemos atravesado. A mis amigos que con su apoyo y colaboración durante el transcurso de la carrera han convertido a esta en una experiencia digna de immortalizar. A mis profesores que fueron la base de los conocimientos de formación como profesional en especial al Ing. Isáías Caicedo por su predisposición y gran apoyo para la realización de este Trabajo de Titulación.

Edwin

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xivv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
RESUMEN.....	xxii
SUMMARY	xxiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Delimitación	4
1.3	Formulación del problema	4
1.4	Objetivos	5
1.4.1	<i>Objetivo General</i>	5
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICO	6
2.1	Despliegue de la función de calidad	6
2.1.1	<i>Primera fase o Definición del producto</i>	7
2.1.1.1	<i>Voz del usuario</i>	7
2.1.1.2	<i>Voz del ingeniero</i>	7
2.1.1.3	<i>Correlaciones</i>	7
2.1.1.4	<i>Comparación técnica</i>	7
2.1.1.5	<i>Compromisos técnicos</i>	7
2.1.2	<i>Segunda fase o Diseño conceptual</i>	8
2.1.2.1	<i>Matriz morfológica</i>	8
2.1.3	<i>Tercera Fase o Diseño de materialización</i>	8
2.1.4	<i>Cuarta Fase o Diseño de detalle</i>	9
2.2	Mecánica de fluidos.....	9

2.2.1	<i>Caudal</i>	10
2.2.2	<i>Presión</i>	10
2.2.3	<i>Velocidad</i>	11
2.2.4	<i>Ecuación de la continuidad para líquidos</i>	11
2.2.5	<i>Ecuación de Bernoulli</i>	11
2.2.6	<i>Ecuación general de la energía</i>	11
2.2.7	<i>Número de Reynolds para secciones circulares</i>	12
2.2.8	<i>Ecuación de Darcy para pérdida de energía</i>	12
2.2.8.1	<i>Factor de fricción para flujo turbulento</i>	13
2.2.9	<i>Pérdidas menores</i>	13
2.3	Diseño estructural de una torre de acero	14
2.3.1	<i>Tipología de las torres metálicas</i>	14
2.3.1.1	<i>Torres autoportadas o de celosía</i>	14
2.3.1.2	<i>Sección transversal</i>	14
2.3.1.3	<i>Materiales</i>	15
2.3.2	<i>Cargas en función del tiempo de permanencia</i>	16
2.3.2.1	<i>Carga muerta o permanente</i>	16
2.3.2.2	<i>Carga viva o sobrecarga de uso</i>	16
2.3.3	<i>Carga por viento</i>	16
2.3.3.1	<i>Velocidad instantánea máxima del viento</i>	16
2.3.3.2	<i>Velocidad corregida del viento</i>	16
2.3.3.3	<i>Presión del viento</i>	17
2.3.4	<i>Combinaciones de carga para el diseño por resistencia última</i>	19
2.3.5	<i>Método de diseño por factores de carga y resistencia</i>	19
2.3.6	<i>Estados límite</i>	20
2.3.6.1	<i>Estado límite último de resistencia</i>	20
2.3.6.2	<i>Estado límite de servicio de deformación</i>	20
2.3.7	<i>Validación de estructuras metálicas por método de elementos finitos (MEF)</i>	21
2.3.7.1	<i>Software SAP 2000 v22.2.0</i>	21
2.3.7.2	<i>Software Ansys 2022 R1</i>	21
2.4	Ensayos no destructivos de líquidos penetrantes (LP)	21
2.4.1	<i>Criterios de aceptación</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1	Metodología del diseño	23
3.2	Definición del sistema	24
3.2.1	<i>Casa de la calidad.....</i>	24
3.2.1.1	<i>Voz del usuario.....</i>	24
3.2.1.2	<i>Voz del ingeniero</i>	24
3.2.2	<i>Condiciones de diseño</i>	25
3.2.2.1	<i>Dimensiones de la torre</i>	25
3.2.2.2	<i>Caudal.....</i>	26
3.2.2.3	<i>Presión</i>	26
3.3	Diseño conceptual.....	26
3.3.1	<i>Evaluación de la estructura funcional</i>	26
3.3.2	<i>Matriz Morfológica</i>	27
3.3.2.1	<i>Alternativa 1.....</i>	29
3.3.2.2	<i>Alternativa 2.....</i>	29
3.3.2.3	<i>Alternativa 3.....</i>	29
3.3.3	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	29
3.3.3.1	<i>Criterios de evaluación de alternativas</i>	30
3.3.3.2	<i>Evaluación de los pesos específicos de las alternativas</i>	30
3.4	Diseño de materialización.....	33
3.5	Diseño del sistema de agua por gravedad	33
3.5.1	<i>Cálculo del factor de fricción.....</i>	34
3.5.2	<i>Análisis del tramo desde almacenamiento captación al tanque elevado</i>	37
3.5.2.1	<i>Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de $\frac{3}{4}$ [in]</i>	37
3.5.2.2	<i>Cálculo del caudal en el punto 2.....</i>	39
3.5.2.3	<i>Cálculo de la presión en el punto 2.....</i>	41
3.5.3	<i>Análisis del tramo desde tanque elevado al establo</i>	42
3.5.3.1	<i>Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de 1 in</i>	42
3.5.3.2	<i>Cálculo del caudal en el punto 5.....</i>	43
3.5.3.3	<i>Cálculo de la presión en los puntos 4 y 5</i>	44
3.5.4	<i>Análisis del tramo desde la derivación al calefón</i>	46

3.5.4.1	<i>Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de 1/2 [in]</i>	46
3.5.4.2	<i>Cálculo del caudal en el punto 6</i>	46
3.5.4.3	<i>Cálculo de la presión en el punto 6</i>	48
3.5.5	<i>Cálculo del almacenamiento de agua</i>	49
3.6	Diseño de la estructura metálica de la torre de soporte	50
3.6.1	<i>Determinación de los parámetros de diseño</i>	50
3.6.1.1	<i>Configuración de la geométrica</i>	50
3.6.1.2	<i>Consideración de la carga muerta</i>	51
3.6.1.3	<i>Cálculo de la carga viva</i>	51
3.6.1.4	<i>Cálculo de la carga de viento</i>	52
3.6.1.5	<i>Cálculo de la carga de sismo</i>	53
3.6.2	Diseño mediante SAP 2000 v22.2.0	57
3.6.2.1	<i>Obtención del modelo estructural</i>	57
3.6.2.2	<i>Asignación de secciones</i>	58
3.6.2.3	<i>Asignación de restricciones</i>	60
3.6.2.4	<i>Definición de patrones de carga</i>	60
3.6.2.5	<i>Definición de combinaciones de carga</i>	61
3.6.2.6	<i>Definición de sección de área</i>	62
3.6.2.7	<i>Asignación de carga viva</i>	63
3.6.2.8	<i>Asignación de carga de viento</i>	64
3.6.2.9	<i>Asignación de carga para escalera de servicio</i>	64
3.6.2.10	<i>Preferencias de diseño de la estructura de acero</i>	65
3.6.3	Validación mediante SAP 2000 v22.2.0	66
3.6.3.1	<i>Determinación del esfuerzo máximo</i>	66
3.6.3.2	<i>Determinación del esfuerzo máximo de Von Mises</i>	66
3.6.3.3	<i>Determinación de la deformación máxima</i>	66
3.6.3.4	<i>Determinación del factor de seguridad</i>	66
3.6.4	Validación mediante ANSYS 2022 R1	67

3.6.4.1	<i>Creación de la geometría y perfiles estructurales</i>	67
3.6.4.2	<i>Configuración de materiales</i>	70
3.6.4.3	<i>Asignación de materiales</i>	71
3.6.4.4	<i>Asignación de restricciones</i>	71
3.6.4.5	<i>Asignación de carga muerta</i>	72
3.6.4.6	<i>Asignación de carga viva</i>	73
3.6.4.7	<i>Asignación de la carga de viento</i>	74
3.6.4.8	<i>Configuración de la carga de sismo</i>	74
3.6.4.9	<i>Combinaciones de carga y solución del sistema</i>	76
3.6.5	<i>Diseño de zapatas aisladas</i>	76
3.6.5.1	<i>Configuración de las propiedades generales</i>	77
3.6.5.2	<i>Configuración de la geometría</i>	77
3.6.5.3	<i>Configuración de las propiedades del suelo</i>	79
3.6.5.4	<i>Configuración de cargas y combinaciones</i>	80
3.6.5.5	<i>Configuraciones adicionales</i>	81
3.6.5.6	<i>Verificación y generación de reporte de resultados</i>	82
3.6.5.7	<i>Obtención de las dimensiones</i>	82
3.6.6	<i>Diseño de placas base de columna</i>	83
3.6.6.1	<i>Configuración de los datos de la junta</i>	83
3.6.6.2	<i>Configuración de las cargas</i>	83
3.6.6.3	<i>Generación de combinaciones de carga</i>	84
3.6.6.4	<i>Configuración de diseño para conexiones</i>	84
3.6.6.5	<i>Configuración de los parámetros de diseño</i>	84
3.6.6.6	<i>Generación del reporte de resultados</i>	87
3.6.6.7	<i>Obtención de las dimensiones</i>	87
3.7	<i>Diseño de detalle</i>	87
3.7.1	<i>Construcción de la torre de soporte</i>	88
3.7.1.1	<i>Materiales</i>	88
3.7.1.2	<i>Instrumentos de medición</i>	89
3.7.1.3	<i>Herramientas</i>	89
3.7.1.4	<i>Máquinas</i>	90
3.7.1.5	<i>Procedimiento para la cimentación superficial</i>	90
3.7.1.6	<i>Procedimiento para el corte de perfiles</i>	92
3.7.1.7	<i>Procedimiento para el montaje e instalación</i>	93
3.7.2	<i>Conexión del sistema de agua por gravedad</i>	105

3.7.2.1	<i>Selección de los elementos y accesorios</i>	105
3.7.2.2	<i>Procedimiento de conexión de los elementos y accesorios</i>	109
3.8	Examinación de juntas soldadas mediante líquidos penetrantes	109
3.8.1	<i>Materiales para la examinación</i>	109
3.8.2	<i>Procedimiento para la examinación</i>	110
3.9	Pruebas de operación del sistema de almacenamiento de agua	111
3.9.1	<i>Procedimiento para la medición de caudal</i>	112
3.9.2	<i>Procedimiento para la medición de presión</i>	113
3.10	Evaluación de costos	115
3.10.1	<i>Costos directos</i>	115
3.10.1.1	<i>Costo de materiales</i>	115
3.10.1.2	<i>Costos de mano de obra, equipos y herramientas</i>	117
3.10.1.3	<i>Costos de transporte</i>	117
3.10.1.4	<i>Costos directos totales</i>	118
3.10.2	<i>Costos indirectos</i>	118

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	119
4.1	Resultados del diseño conceptual del sistema de almacenamiento de agua	119
4.2	Resultados del diseño del sistema de agua por gravedad	119
4.3	Resultados del diseño de la estructura metálica de la torre en SAP 2000	121
4.3.1	<i>Esfuerzo máximo</i>	121
4.3.2	<i>Esfuerzo máximo de Von Mises</i>	122
4.3.3	<i>Deformación máxima</i>	122
4.3.4	<i>Factor de seguridad</i>	123
4.4	Resultados de la validación del diseño de la estructura metálica de la torre en Ansys	125
4.4.1	<i>Esfuerzo máximo de Von Mises</i>	125
4.4.2	<i>Deformación máxima</i>	125
4.4.3	<i>Factor de seguridad</i>	126
4.5	Comparación de resultados del diseño de la estructura metálica de la torre	127
4.6	Resultados del diseño de la zapata aislada	128
4.7	Resultados del diseño de la placa base	128
4.8	Resultados de la construcción e implementación del sistema de almacenamiento de agua	129

4.9	Resultados de la examinación de las juntas soldadas mediante líquidos penetrantes.....	130
4.10	Resultados de las pruebas de operación del sistema de almacenamiento de agua.....	137
4.11	Resultados de la evaluación de costos.....	138
	CONCLUSIONES.....	139
	RECOMENDACIONES.....	141
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tipos de aceros comúnmente utilizados en la construcción en el Ecuador	15
Tabla 2-2: Coeficiente de corrección σ	17
Tabla 3-2: Factor de forma cf	18
Tabla 4-2: Factor de entorno/altura ce	18
Tabla 5-2: Combinaciones de carga básicas	19
Tabla 6-2: Criterios de aceptación	22
Tabla 1-3: Requerimientos del cliente	24
Tabla 2-3: Evaluación del peso específico de cada criterio	30
Tabla 3-3: Evaluación del peso específico del criterio de capacidad.....	31
Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio de dimensiones.....	31
Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio de costo	31
Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio de operación.....	32
Tabla 7-3: Evaluación de la prioridad de las alternativas	32
Tabla 8-3: Propiedades del agua en el sistema internacional a 101 [kPa] (abs)	35
Tabla 9-3: Características de la tubería de polietileno de uso agrícola.....	35
Tabla 10-3: Datos para el cálculo del factor de fricción	35
Tabla 11-3: Rugosidad de la tubería de polietileno	36
Tabla 12-3: Datos para el cálculo del factor de fricción	36
Tabla 13-3: Longitud equivalente en diámetros de tubería Le/D	38
Tabla 14-3: Coeficiente K de pérdidas por accesorios.....	38
Tabla 15-3: Resistencia en válvulas y accesorios del tramo 1	39
Tabla 16-3: Parámetros para obtener el $Q2$	40
Tabla 17-3: Parámetros para obtener $p2$	41
Tabla 18-3: Resistencia en válvulas y accesorios en el tramo 2	43
Tabla 19-3: Parámetros para obtener el $Q5$	44
Tabla 20-3: Parámetros para obtener las presiones P4 y P5	45
Tabla 21-3: Resistencia en válvulas y accesorios del tramo 3	46
Tabla 22-3: Parámetros para obtener el caudal $Q6$	47
Tabla 23-3: Parámetros para obtener la presión P6	48
Tabla 24-3: Dimensiones tanque de almacenamiento de 1 [m3].....	49
Tabla 25-3: Datos para el cálculo de la carga de viento	52
Tabla 26-3: Parámetros para el cálculo de la cortante basal en base a la NEC-SE-DS	53
Tabla 27-3: Parámetros para determinar el periodo de vibración en base a la NEC-SE-DS	55

Tabla 28-3: Determinación de K.....	55
Tabla 29-3: Tasa anual de excedencia sísmica	56
Tabla 30-3: Aceleración sísmica.....	57
Tabla 31-3: Secciones de los perfiles de la torre.....	58
Tabla 32-3: Reacciones y momentos máximos en los empotramientos de la torre en SAP 2000	77
Tabla 33-3: Características del suelo	79
Tabla 34-3: Cargas en la junta columna-placa base.....	80
Tabla 35-3: Combinaciones de carga en la junta columna-placa base.....	80
Tabla 36-3: Dimensiones principales de la zapata aislada.....	82
Tabla 37-3: Cargas en la junta columna-placa base.....	83
Tabla 38-3: Combinaciones de carga en la junta columna-placa base.....	84
Tabla 39-3: Dimensiones principales de la placa base.....	87
Tabla 40-3: Lista de materiales.....	88
Tabla 41-3: Lista de instrumentos.....	89
Tabla 42-3: Lista de herramientas.....	89
Tabla 43-3: Lista de máquinas	90
Tabla 44-3: Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para la torre.....	93
Tabla 45-3: Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para la escalera y pasamanos	102
Tabla 46-3: Selección de elementos y accesorios para el sistema de agua gravedad	106
Tabla 47-3: Selección del tanque de almacenamiento para el sistema de agua por gravedad	108
Tabla 48-3: Kit para examinación por líquidos penetrantes	110
Tabla 49-3: Costos por materiales	116
Tabla 50-3: Costos por mano de obra	117
Tabla 51-3: Costos por equipos y herramientas.....	117
Tabla 52-3: Costos por transporte.....	118
Tabla 53-3: Costos directos totales.....	118
Tabla 54-3: Costos indirectos	118
Tabla 1-4: Resultados del diseño del sistema de agua por gravedad	119
Tabla 2-4: Resultados de esfuerzo máximo en SAP 2000	121
Tabla 3-4: Resultados de la deformación máxima en Excel	123
Tabla 4-4: Factor demanda capacidad de los perfiles estructurales	124
Tabla 5-4: Resultados del diseño y validación de la torre de soporte.....	127
Tabla 6-4: Reporte de examinación mediante líquidos penetrantes inicial.....	131
Tabla 7-4: Reporte de examinación mediante líquidos penetrantes final	134

Tabla 8-4: Comparación de resultados del diseño del sistema de agua por gravedad	137
Tabla 9-4: Costos totales.....	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Esquema general del desarrollo de la función de calidad	6
Ilustración 2-2:	Etapas de diseño conceptual	8
Ilustración 3-2:	Algoritmo de diseño concurrente.....	9
Ilustración 4-2:	Torres de sección cuadrada.....	15
Ilustración 5-2:	Respuesta de una estructura.....	20
Ilustración 1-3:	Método de diseño.....	23
Ilustración 2-3:	Casa de la calidad	25
Ilustración 3-3:	Análisis funcional Nivel 0	26
Ilustración 4-3:	Análisis funcional Nivel 1	27
Ilustración 5-3:	Matriz morfológica	28
Ilustración 6-3:	Modelo conceptual del sistema de almacenamiento de agua.....	33
Ilustración 7-3:	Esquema del sistema hidráulico.....	34
Ilustración 8-3:	Esquema del tramo 1, puntos 1-2.....	37
Ilustración 9-3:	Coefficiente K de resistencia de entrada	39
Ilustración 10-3:	Esquema del tramo 2, puntos 2-4.....	42
Ilustración 11-3:	Esquema del tramo 3, puntos 4-6.....	46
Ilustración 12-3:	Dimensiones tanque de almacenamiento de 1 [m3].....	50
Ilustración 13-3:	Modelo alámbrico de la torre.....	51
Ilustración 14-3:	Curvas de peligro sísmico, Santo Domingo.....	56
Ilustración 15-3:	Modelo alámbrico de torre importado desde AutoCAD a SAP 2000.....	57
Ilustración 16-3:	Secciones de la torre	59
Ilustración 17-3:	Asignación de secciones de la torre en SAP 2000.....	59
Ilustración 18-3:	Asignación de restricciones en los anclajes de la torre en SAP 2000.....	60
Ilustración 19-3:	Definición de patrones de carga en SAP 2000.....	60
Ilustración 20-3:	Definición de carga de sismo en SAP 2000.....	61
Ilustración 21-3:	Definición de combinaciones de carga en SAP 2000	61
Ilustración 22-3:	Definición de sección de área en SAP 2000.	62
Ilustración 23-3:	Asignación de sección de área en SAP 2000.	63
Ilustración 24-3:	Asignación de carga viva en la torre.....	63
Ilustración 25-3:	Asignación de carga de viento en la torre.....	64
Ilustración 26-3:	Asignación de carga de la escalera de servicio en la torre.....	65
Ilustración 27-3:	Preferencias de diseño de estructura de acero en SAP 2000.....	65
Ilustración 28-3:	Importación de geometría	67

Ilustración 29-3: Dimensiones del perfil cuadrado 50 x 3 [mm].....	68
Ilustración 30-3: Dimensiones del perfil cuadrado 30 x 1,5 [mm].....	68
Ilustración 31-3: Dimensiones del ángulo 50 [mm] x 1/8 [in]	69
Ilustración 32-3: Modelo de la torre en SpaceClaim.....	69
Ilustración 33-3: Módulo <i>static structural</i>	70
Ilustración 34-3: Propiedades mecánicas de los materiales ASTM A36 Y A500.....	70
Ilustración 35-3: Asignación de materiales a los perfiles de la estructura	71
Ilustración 36-3: Asignación de restricciones en los anclajes de la torre.....	72
Ilustración 37-3: Módulos para cada tipo de carga	72
Ilustración 38-3: Asignación de carga muerta.....	73
Ilustración 39-3: Asignación de carga viva en Ansys	73
Ilustración 40-3: Asignación de carga de viento en Ansys	74
Ilustración 41-3: Configuración del módulo <i>modal</i>	75
Ilustración 42-3: Configuración del módulo <i>response spectrum</i>	75
Ilustración 43-3: Asignación de carga de viento en Ansys	76
Ilustración 44-3: Número de <i>joints</i> en las bases de la estructura en SAP 2000	77
Ilustración 45-3: Propiedades generales del diseño.....	77
Ilustración 46-3: Configuración de la geometría de la zapata	78
Ilustración 47-3: Configuración de la geometría de la zapata.....	79
Ilustración 48-3: Propiedades del suelo.....	80
Ilustración 49-3: Características del concreto en la zapata	81
Ilustración 50-3: Características del refuerzo de hormigón	81
Ilustración 51-3: Verificación y generación de reporte	82
Ilustración 52-3: Datos de la junta	83
Ilustración 53-3: Configuración de diseño para conexiones	84
Ilustración 54-3: Datos generales de análisis y criterios de diseño	85
Ilustración 55-3: Configuración de la placa base	85
Ilustración 56-3: Configuración de soporte de concreto	86
Ilustración 57-3: Configuración de varilla de anclaje	86
Ilustración 58-3: Generación de resultados.	87
Ilustración 59-3: Procedimiento de cimentación.....	91
Ilustración 60-3: Procedimiento corte de perfiles	92
Ilustración 61-3: Procedimiento para montaje e instalación	105
Ilustración 62-3: Procedimiento de la evaluación por líquidos penetrantes.....	111
Ilustración 63-3: Procedimiento para medición del caudal	112
Ilustración 64-3: Medición experimental del caudal	113

Ilustración 65-3: Procedimiento para medición de la presión	114
Ilustración 66-3: Medición experimental de la presión	115
Ilustración 1-4: Tramo 1 del sistema de almacenamiento de agua.....	120
Ilustración 2-4: Tramo 2 y 3 del sistema de almacenamiento de agua.....	120
Ilustración 3-4: Esfuerzo Máximo en SAP 2000.....	121
Ilustración 4-4: Esfuerzo Máximo en SAP 2000.....	122
Ilustración 5-4: Zona donde se produce la máxima deformación de la torre	123
Ilustración 6-4: Comprobación de estructura por el factor demanda capacidad en SAP 2000	124
Ilustración 7-4: Esfuerzo máximo de Von Mises en Ansys	125
Ilustración 8-4: Resultados de la deformación máxima en Ansys.....	126
Ilustración 9-4: Valor del factor de seguridad en Ansys	126
Ilustración 10-4: Valor del factor demanda capacidad en Ansys	127
Ilustración 11-4: Modelo de la zapata aislada diseñada	128
Ilustración 12-4: Modelo de placa base diseñada.....	129
Ilustración 13-4: Cimentación	129
Ilustración 14-4: Estructura metálica de la torre	130
Ilustración 15-4: Conexiones hidráulicas	130
Ilustración 16-4: Puntos de análisis del sistema de agua por gravedad.....	137

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Caudal	10
Ecuación 2-2:	Presión	10
Ecuación 3-2:	Velocidad.....	11
Ecuación 4-2:	Ecuación de la continuidad para líquidos	11
Ecuación 5-2:	Ecuación de Bernoulli.....	11
Ecuación 6-2:	Ecuación general de la energía	12
Ecuación 7-2:	Número de Reynolds secciones circulares.....	12
Ecuación 8-2:	Ecuación de Darcy para pérdida de energía.....	12
Ecuación 9-2:	Factor de fricción para flujo turbulento	13
Ecuación 10-2:	Perdidas menores	13
Ecuación 11-2:	Velocidad corregida del viento	16
Ecuación 12-2:	Presión del viento	17
Ecuación 13-2:	Diseño por resistencia usando LRFD	19
Ecuación 1-3:	Coefficiente de resistencia en accesorios	37
Ecuación 2-3:	Longitud de manguera del tramo 1	41
Ecuación 3-3:	Cálculo de caudal en el tramo 1	40
Ecuación 4-3:	Cálculo de carga de presión en el punto 2	42
Ecuación 5-3:	Densidad	51
Ecuación 6-3:	Cortante basal	54
Ecuación 7-3:	Periodo de vibración	55
Ecuación 8-3:	Factor de seguridad.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CATÁLOGO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE POLIETILENO PLASTIGAMA

ANEXO B: CATÁLOGO DE CALEFONES SPLENDID

ANEXO C: CATÁLOGO DE PERFILES DE ACERO DIPAC

ANEXO D: CATÁLOGO VARILLA CORRUGADA DIPAC

ANEXO E: CATÁLOGO PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE DIPAC

ANEXO F: PROCEDIMIENTO CIMENTACIÓN

ANEXO G: PROCEDIMIENTO CORTE DE PERFILES

ANEXO H: PROCEDIMIENTO DE MONTAJE E INSTALACIÓN

ANEXO I: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

ANEXO J: INSTALACIÓN HIDRÁULICA

ANEXO K: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA ZAPATA AISLADA

ANEXO L: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA PLACA BASE DE COLUMNA

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue diseñar y construir un sistema de almacenamiento de agua mediante la metodología de despliegue de la función calidad (QFD) y método de elementos finitos (MEF) para brindar condiciones adecuadas de funcionamiento al establo de la finca los Rosales. Se utilizó la herramienta de la casa de la calidad y matriz morfológica para escoger la mejor alternativa para el diseño y cuyo estudio se ejecutó en campo donde se consiguió las alturas en metros sobre el nivel del mar (msnm) y coordenadas mediante un GPS, posteriormente se desarrolló el diseño del sistema de agua por gravedad, cálculo de caudal, presión y volumen de agua requerido, así como selección de accesorios para las conexiones. También se llevó a cabo el diseño de la estructura metálica de la torre de soporte para el tanque elevado mediante el software SAP 2000 aplicando las cargas actuantes, así como las combinaciones respectivas y se validó mediante el software Ansys. Considerando las reacciones provocadas por los cuatro apoyos de la torre, se diseñó las placas base de columna y las zapatas aisladas. Se realizó también la cimentación sobre la cual se construyó la torre cuyas juntas fueron evaluadas mediante líquidos penetrantes y así mismo se realizó las conexiones hidráulicas. Se obtuvo el reporte de examinación mediante líquidos penetrantes indicando que no existe discontinuidades en las juntas soldadas de la torre, asimismo se obtuvo las condiciones de operación del sistema para el establo con un caudal de 50 l/min y una presión de 0,3052 bares, así como 30 l/min y 0,2789 bares para el calefón, garantizando el correcto funcionamiento. Se concluye que las condiciones a las que se suministra el agua en cada punto de estudio son adecuadas. Se recomienda trabajar en el estudio de un sistema para atrapar el estiércol del ganado proveniente de la limpieza para ser usado como abono.

Palabras clave: < TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA >, <MÉTODO DE ELEMENTO FINITO (MEF)>, <DESPLIEGUE DE FUNCIÓN CALIDAD (QFD)>, <SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA>, <SAP 2000 (SOFTWARE)>.

2259-DBRA-UPT-2022



SUMMARY

The objective of this project was to design and build a water storage system using the quality function deployment (QFD) methodology and the finite element method (MEF) to provide adequate operating conditions to the stable of the Los Rosales farm. The tool of the house of quality and morphological matrix was used to choose the best alternative for the design and whose study was carried out in the field where the heights were obtained in meters above sea level (masl) and coordinates by means of a GPS, later the design of the gravity water system was developed, calculation of flow, pressure and volume of water required, as well as selection of accessories for the connections. The design of the metallic structure of the support tower for the elevated tank was also carried out using the SAP 2000 software applying the acting loads, as well as the respective combinations and it was validated using the Ansys software. Considering the reactions caused by the four tower supports, the column base plates and isolated footings were designed. The foundation on which the tower was built was also made, whose joints were evaluated by penetrating liquids and likewise the hydraulic connections were made. The examination report was obtained using penetrating liquids, indicating that there are no discontinuities in the welded joints of the tower, as well as the operating conditions of the system for the stable with a flow rate of 50 l/min and a pressure of 0,3052 bars, as well such as 30 l/min and 0,2789 bars for the water heater, guaranteeing correct operation. It is concluded that the conditions to which the water is supplied at each study point are adequate. It is recommended to work on the study of a system to trap cattle manure from cleaning to be used as fertilizer.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <FINITE ELEMENT METHOD (MEF)>, <QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)>, <WATER STORAGE SYSTEM>, <SAP 2000 (SOFTWARE)>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

CI:0603747809

INTRODUCCIÓN

La ingeniería es un medio que permite aprovechar el recurso del agua de forma óptima en diferentes actividades o usos, a través del diseño y construcción de sistemas para el almacenamiento, distribución y abastecimiento de este fluido en puntos estratégicos.

Los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad utilizan una fuente de agua que cae por su propio peso al estar en un lugar muy elevado es decir gracias a la energía potencial y que permiten distribuir este recurso a las personas que habitan en zonas más bajas; esto evita gastos por bombeo, mantenimiento reducido por ausencia de partes móviles y facilidad del control de presión, siendo estos sistemas robustos y duraderos (Arnalich, 2008, pp.1-2).

El desarrollo del presente proyecto consiste en diseñar y construir un sistema de almacenamiento de agua permitiendo tener condiciones adecuadas de caudal y presión en el establo de la finca Los Rosales ubicada en la Parroquia Alluriquín, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al no contar esta con el suficiente recurso hídrico, para lo cual se utiliza la metodología QFD, normas, códigos de diseño y softwares especializados que validen el correcto funcionamiento del sistema diseñado y además se realizará la examinación mediante líquidos penetrantes a las juntas soldadas de la estructura metálica de la torre de soporte del tanque elevado para determinar su confiabilidad y resistencia después de haber sido construida, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad en el proceso productivo de la finca. Este trabajo establece todos los parámetros técnicos pertinentes para la implementación del tema propuesto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Existen diversas investigaciones tanto a nivel internacional como nacional, enfocadas en la ingeniería como un medio para aprovechar el recurso del agua de forma óptima en diferentes actividades o usos, a través del diseño y construcción de sistemas para el almacenamiento, distribución y abastecimiento de este fluido. Estos trabajos contribuirán como fuentes bibliográficas para el desarrollo del tema en estudio.

La investigación realizada por Ramírez (2020, pp.4-5), denominada “Diseño e instalación de sistema de bombeo para el abastecimiento de agua en finca ganadera”, se enfoca en la elaboración de un plano donde se establecen puntos estratégicos para el suministro de agua, donde inicialmente se diseñó un sistema de bombeo que parte desde el pozo hacia el tanque y luego por gravedad, este proveerá el recurso hídrico a la finca, para posteriormente realizar la instalación de la bomba eléctrica y red hidráulica fundamentadas en normas tales como el Código Eléctrico y el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, logrando de esa forma una óptima disponibilidad de agua para el ganado de la finca ganadera.

Por su parte Franco (2018, p.10-12), con el tema “Diseño del sistema de suministro de agua para la finca los Guadales”, se enfoca en lograr un sistema de suministro tecnificado; el cual comprende la determinación de consumos de agua en la finca, la captación comprendida por bocatoma y desarenador, el sistema de bombeo, realiza un análisis de calidad del agua captada, tanques de almacenamiento, red de distribución de agua para riego y sistema de potabilización del agua para consumo humano y animal. Pues reconoce que existe una gran dificultad en la captación y almacenamiento del recurso hídrico, ya que esto es un factor de riesgo para la producción y la economía del predio, debido a que este proceso no se encuentra tecnificado es muy difícil asegurar una adquisición de agua constante y una calidad que garantice la salud de los cultivos, animales y personal de la finca. Haciendo notar la importancia de tecnificar los sistemas de almacenamiento de agua.

El trabajo realizado por Cabarcas y Barrios (2020, pp.5-7) denominado “Formulación de un sistema de abastecimiento de agua por método de bombeo”. Se centra en el análisis del déficit que mantiene el actual sistema de abastecimiento del recurso hídrico empleado en las diferentes

actividades realizadas en la finca Esperanza ubicada en el municipio Espinal- Tolima, a fin de diseñar un procedimiento de bombeo que cuente con la capacidad adecuada de suplir la demanda hídrica del lugar en estudio, mediante el uso de la metodología de tipo Cuantitativa, bajo un diseño no experimental. De acuerdo con los resultados obtenidos al final de la investigación uno de los cuatro tanques de almacenamiento que posee la finca, no provee la suficiente cantidad de agua para cubrir las labores para lo cual está destinado, proponiendo así la implementación del sistema de bombeo mejorado, para obtener una estimación de mejoría del 27 % en comparación al existente.

Por su parte Forero y Veloza (2018, p.11-12) en su trabajo denominado “Propuesta de sistema de suministro de agua potable para fincas agrícolas de la Vereda Guayabal”, se enfocan en un inicio en el diagnóstico del sistema actual que posee la finca referente a la captación y distribución del recurso hídrico, a fin de realizar un diseño de un sistema mejorado que consta de elementos tales como: bocatoma instalada en el yacimiento, desarenador para la filtración de impurezas, tanque de almacenamiento con una capacidad de 200 m³ el cual se autoabastece al emplear el 50% de su volumen y filtro para asegurar la potabilidad el agua, obteniendo como resultados un sistema técnico óptimo que satisface la demanda del consumo humano y labores productivas de la zona de estudio.

La investigación realizada por Guerrero y Liza (2017, pp.59-63) denominada “Diseño de un sistema automatizado de abastecimiento de agua para el establo de la Empresa Láctea S.A.”. Evalúa el aprovisionamiento de agua del actual sistema que dispone la ganadería, donde se ha evidenciado que la falta de este influye en la salubridad y producción de leche del ganado, por lo cual se ha propuesto el diseño de un sistema automatizado empleando materiales de buena calidad y funcionalidad, obteniendo como resultados una mejora en los parámetros de abastecimiento tales como: aumento del caudal de 3 l/s a 13 l/s; disminución del tiempo de llenado de la cisterna de 6h30m a 1h30m.

Finalmente en la tesis de Alvarado y Varas (2019, p.18), se investigó el mejoramiento de suministro de agua por gravedad en la zona rural de Otuzco, Perú, para lo cual se propuso un diseño de 4 captaciones tipo ladera, 1 cámara de reunión, una línea de conducción desde la captación más alta para el transporte de agua hasta un reservorio cuadrado, para ser distribuido por la línea de aducción hasta llegar a las conexiones domiciliarias.

1.2 Delimitación

En el presente proyecto se realizará el diseño del sistema de agua por gravedad, el mismo con el cual se determinarán y seleccionaran los accesorios requeridos para realizar las conexiones hidráulicas a lo largo del sistema y a su vez se seleccionará el tanque de almacenamiento de acuerdo con la capacidad requerida, también se diseñará la estructura metálica de la torre de soporte para el sistema de almacenamiento de agua bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el software SAP 2000, esta estructura también se validará mediante el software Ansys. Así mismo el diseño de las placas base de columna y zapatas se realizará mediante un software especializado. Además, para la examinación de las juntas soldadas mediante líquidos penetrantes se utilizará como guía la norma ASTM E165.

1.3 Formulación del problema

La finca Los Rosales actualmente cuenta con una fuente de agua limpia ya que proviene de un ojo de agua (nacedero), aquí se hace la captación superficial y se transporta el agua mediante tubería de polietileno de baja densidad (tubería flexible) de media pulgada con lo cual se obtiene un caudal moderado para el establo y esta se almacena en un recipiente abierto de 200 litros que a su vez se derrama constantemente, siendo esta cantidad de agua insuficiente para la correcta limpieza del patio del establo y la desinfección de los recipientes para almacenar la leche. Por lo tanto, el diseño y construcción del sistema de almacenamiento de agua procurará entregar este recurso hídrico en el establo con una presión y caudal adecuados para mejorar sus condiciones de higiene y agilizar el proceso de ordeño. Con los conocimientos adquiridos en la formación como Ingeniero Mecánico se podrá dar solución al problema con el correcto aprovechamiento del agua.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de almacenamiento de agua mediante la metodología QFD y MEF para condiciones adecuadas de funcionamiento en el establo de la finca los Rosales, Parroquia Alluriquín.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diseño conceptual del sistema de almacenamiento de agua
- Obtener mediante el diseño hidráulico condiciones adecuadas de caudal y presión
- Diseñar la torre de soporte mediante elementos finitos para el almacenamiento de agua
- Construir la torre de soporte mediante conexiones soldadas evaluadas por líquidos penetrantes
- Ejecutar las pruebas de operación del sistema

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICO

2.1 Despliegue de la función de calidad

Para empezar con el desarrollo de un producto es indispensable la recopilación de información y esto es posible al aplicar la metodología *Quality Function Deployment* (QFD) o despliegue de la función de la calidad que es un método de diseño de productos y servicios que captura la voz del cliente y la traduce en la voz del ingeniero, a través de una serie de etapas sucesivas, en características operativas y de diseño que satisfacen las necesidades y expectativas del mercado (Espinoza, 2015, p.46).

Riva (2002, p177), afirma que para el desarrollo de productos se tiene 4 fases representadas por una matriz donde las especificaciones de diseño proporcionan las características de entrada para la siguiente matriz, en una secuencia asociativa que se muestra en la Ilustración 1-2 y de las que se tiene la planificación del producto, despliegue de componentes, planificación del proceso y planificación de la producción.

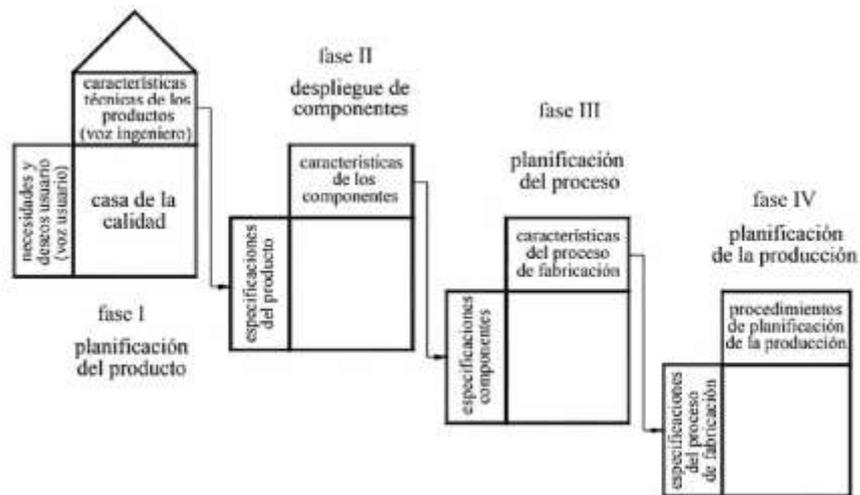


Ilustración 1-2: Esquema general del desarrollo de la función de calidad

Fuente: Riva, 2002, p.177

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Las 4 fases puntualizadas anteriormente se detallan a continuación:

2.1.1 Primera fase o Definición del producto

La casa de la calidad o *House of Quality* (HOQ) es la primera matriz que el equipo de profesionales encargados del desarrollo de productos establece para comenzar a implementar la función calidad cuyo objetivo es identificar las exigencias del cliente, determinar las oportunidades competitivas, además determinar los requerimientos y características del diseño y adicionalmente establecer los requerimientos para estudios futuros (Olaya et al., 2005,pp.31-32).

Para llevar a cabo estos objetivos y la construcción de la casa de la calidad se aplican los siguientes pasos:

2.1.1.1 Voz del usuario

Detalla las demandas y deseos del cliente en cuanto al producto a desarrollar.

2.1.1.2 Voz del ingeniero

Traduce las demandas del cliente en requerimientos técnicos necesarios para lograr su satisfacción.

2.1.1.3 Correlaciones

Establece las correlaciones entre la voz del usuario y voz del ingeniero ya sea que estas tengan un factor de incidencia fuerte, medio, bajo o no tengan ninguna relación.

2.1.1.4 Comparación técnica

Compara el producto de la empresa con los de la competencia.

2.1.1.5 Compromisos técnicos

Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto.

2.1.2 Segunda fase o Diseño conceptual

El diseño conceptual se inicia con la correlación entre las especificaciones y los objetivos que se ajustan al producto, considerando también los requerimientos técnicos, restricciones y variables del diseño requiriendo procesos bien definidos para que la solución de diseño pueda ser representada morfológicamente, tal y como se observa en la Ilustración 2-2 (Guerrero et al., 2014, p. 402).

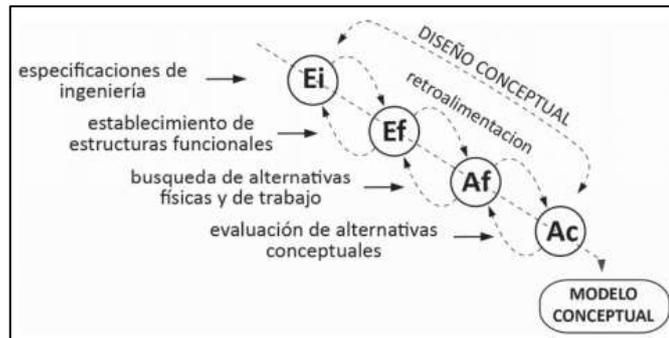


Ilustración 2-2: Etapas de diseño conceptual

Fuente: Guerrero et al., 2014, p.402

2.1.2.1 Matriz morfológica

Desde el punto de vista de Ortiz et al. (2013, p.108), el análisis morfológico se define como una técnica creativa que consiste en descomponer un problema, sistema o concepto en sus partes principales. El factor fundamental de este análisis es la construcción de una matriz a través de las propiedades del problema, sistema o concepto en cuestión con el objetivo de encontrar las relaciones entre tales partes dando como resultado combinaciones de las posibles alternativas para el diseño.

2.1.3 Tercera Fase o Diseño de materialización

En esta fase se realiza los cálculos para diseño del producto o sistema, la respectiva validación de sus partes constitutivas mediante simulación (software CAE) y finalmente la generación alternativa para su modelado (software CAD).

2.1.4 Cuarta Fase o Diseño de detalle

Esta fase de diseño permite plasmar de una manera más precisa cada uno de los elementos que componen el producto o sistema mediante la generación de planos detallados para llevar a cabo su montaje y construcción.



Ilustración 3-2: Algoritmo de diseño concurrente

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Una vez que se ha revisado los fundamentos de la metodología QFD es necesario abordar la mecánica de fluidos que permitirá obtener los conocimientos requeridos para el diseño de la red para el abastecimiento de agua como parte fundamental del sistema de almacenamiento.

2.2 Mecánica de fluidos

Mott (2015), Çengel (2006) y Mataix (1986), definen a la mecánica de fluidos como la parte de la mecánica que estudia las leyes del comportamiento de los fluidos, ya sea que estén en reposo (hidrostática) o en movimiento (hidrodinámica).

Los parámetros y ecuaciones que se definirán a continuación son indispensables para la realización de los cálculos hidráulicos del proyecto.

2.2.1 Caudal

Es el volumen de fluido que fluye a lo largo de una sección por unidad de tiempo (Mott y Untener, 2015, pp. 118-119). También se puede definir como el producto entre el área de la sección transversal (A) y la velocidad de flujo (v).

$$Q = \frac{V}{t} = Av \quad \text{Ecuación 1-2}$$

Donde:

Q : caudal [m^3/s]

V : Volumen [m^3]

A : área de sección transversal [m^2]

v : velocidad promedio de flujo [m/s]

t : tiempo [s]

2.2.2 Presión

De acuerdo con Çengel y Cimbala (2006, p.66), la presión se define como una fuerza normal (perpendicular) ejercida por un fluido por unidad de área. Por lo tanto, su unidad de medida es el pascal.

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

Donde:

p : presión [Pa]

F : fuerza normal [N]

Los fluidos poseen 2 propiedades básicas cuando se encuentran en reposo:

- La presión en un punto de un fluido en reposo es la misma en todas direcciones (principio de Pascal)
- Se tiene la misma presión cuando todos los puntos de un fluido en reposo están ubicados en un mismo nivel (Mataix, 1986, pp.33-35).

2.2.3 Velocidad

Como señala Yépez (2019, p.20), esta magnitud es la relación que existe entre el espacio lineal (e) que viaja un fluido por unidad de tiempo (t).

$$v = \frac{e}{t} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

2.2.4 Ecuación de la continuidad para líquidos

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{Ecuación 4-2}$$

La ecuación 4 establece que, para un flujo constante, la rapidez del flujo de volumen de fluido es el mismo en cualquier sección transversal de la tubería (Mott y Untener, 2015, p.120).

2.2.5 Ecuación de Bernoulli

Cada uno de los términos de la ecuación representa una forma de la energía que posee un fluido por unidad de peso del fluido que fluye en el sistema (Mott y Untener, 2015, p.128).

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 5-2}$$

Donde:

$\frac{P}{\gamma}$: carga de presión [m]

z: carga de elevación[m]

$\frac{v_1^2}{2g}$: carga de velocidad[m]

2.2.6 Ecuación general de la energía

Partiendo de la ecuación de Bernoulli, para el sistema que se propone no existe energía añadida o retirada, pero se tiene pérdidas por fricción a lo largo de la tubería y además pérdidas menores por accesorios de donde la ecuación general de la energía es:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 6-2}$$

Donde:

h_L : pérdida de energía en el sistema [m]

2.2.7 Número de Reynolds para secciones circulares

Es un valor que permite predecir el tipo de flujo y que depende de la viscosidad dinámica del fluido (η) (viscosidad cinemática $\nu = \eta/\rho$), densidad del fluido (ρ), el diámetro (D) de la tubería y la velocidad promedio del flujo (Mott y Untener, 2015).

$$N_R = \frac{vD}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad \text{Ecuación 7-2}$$

Los rangos para determinar si el flujo laminar, turbulento o se encuentra en la región crítica son los siguientes:

$N_R < 2000$, se tiene flujo laminar.

$N_R > 4000$, se tiene flujo turbulento.

$2000 < N_R < 4000$, se tiene la región crítica.

2.2.8 Ecuación de Darcy para pérdida de energía

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones de tubería circular rectas y largas para flujos turbulentos y laminares (Mott y Untener, 2015, p.183).

$$h_{Longitud} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 8-2}$$

Donde:

$h_{Longitud}$: pérdida de energía por longitud de tubería [Nm/N], [m]

L : longitud de la corriente de flujo, [m]

D : diámetro de la tubería, [m]

v : velocidad de flujo promedio [m/s]

f : factor de fricción [adimensional]

2.2.8.1 Factor de fricción para flujo turbulento

Para calcular las pérdidas por longitud de tubería teniendo presente un flujo turbulento se utiliza la Ecuación 9-2.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 9-2}$$

Donde:

f : factor de fricción para flujo turbulento. [adimensional]

$\frac{D}{\varepsilon}$: rugosidad relativa. [adimensional]

2.2.9 Pérdidas menores

Estas pérdidas de energía por accesorios (válvula, codo, ampliación o contracción) son proporcionales a la carga de velocidad del fluido a medida que fluye por estos (Mott y Untener, 2015, p. 227).

$$h_{Longitud} = K \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 10-2}$$

Donde:

K : coeficiente de resistencia de pérdida en accesorios [adimensional]

Con los conocimientos de mecánica de fluidos y sus principales parámetros y ecuaciones, se puede continuar con el desarrollo del proyecto, para lo cual es necesario garantizar las condiciones adecuadas de caudal, presión y velocidad de agua en el punto de abastecimiento, para lo cual se hace necesario el diseño de una torre de soporte para un tanque elevado y para ellos se revisa aspectos importantes para su diseño a continuación.

2.3 Diseño estructural de una torre de acero

Una torre es una estructura metálica de diferentes configuraciones geométricas, y cuyas dimensiones están directamente relacionadas con la carga a resistir.

2.3.1 Tipología de las torres metálicas

Amoroso y Urgilez (2010, p.9), precisan que existen diferentes tipos de torres de celosía utilizadas para soportar, tanques elevados de almacenamiento de agua, antenas de TV, telecomunicaciones, microondas entre otras.

Estas se pueden definir de acuerdo con su configuración por varios parámetros:

2.3.1.1 Torres autosoportadas o de celosía

Este tipo de torre se caracterizan por su rigidez y por que se soportan por sí mismas, su comportamiento es muy eficiente ante cargas de viento y de sismo, a lo cual favorece el propio peso de la estructura. Los esfuerzos a los que se someten los elementos de la torre debido a la acción de las cargas actuantes son tracción y compresión, pero además debido a las cargas de viento uniformemente distribuidas que se aplican sobre los elementos constitutivos de las torres, también se pueden presentar esfuerzos de flexión y de torsión (Rodríguez, 2015, pp. 31-32).

2.3.1.2 Sección transversal

De acuerdo con Rodríguez (2015, p.41), las torres pueden tener sección rectangular, cuadrada y triangular siendo las dos últimas las más utilizadas por su balance entre economía, funcionalidad y facilidad de construcción. Las torres de sección cuadrada emplean más materiales en su construcción en comparación con las triangulares pero poseen mayor rigidez a la torsión (Amoroso y Urgilez, 2010, p. 10).

- Sección Cuadrada

(Amoroso y Urgilez, 2010; Rodríguez, 2015), sugieren que los elementos más utilizados para torres de sección cuadrada son los perfiles angulares de lados iguales por que facilitan la construcción de la estructura los cuales generalmente tienen dimensiones desde 30 [mm] a 150 [mm], también uno de los autores indica que algunas torres combinan los perfiles ya mencionados con tubos y

perfiles cuadrados para las patas y los elementos diagonales que tienen un excelente comportamiento frente a la acción de las cargas de viento.

A si mismo la distancia de centro a centro de las patas en la base de la torre está en función de las cargas que soporte y la altura, además el ancho mínimo en la base superior debe estar entre 1500 y 1750 [mm], permitiendo siempre la colocación de la escalera.

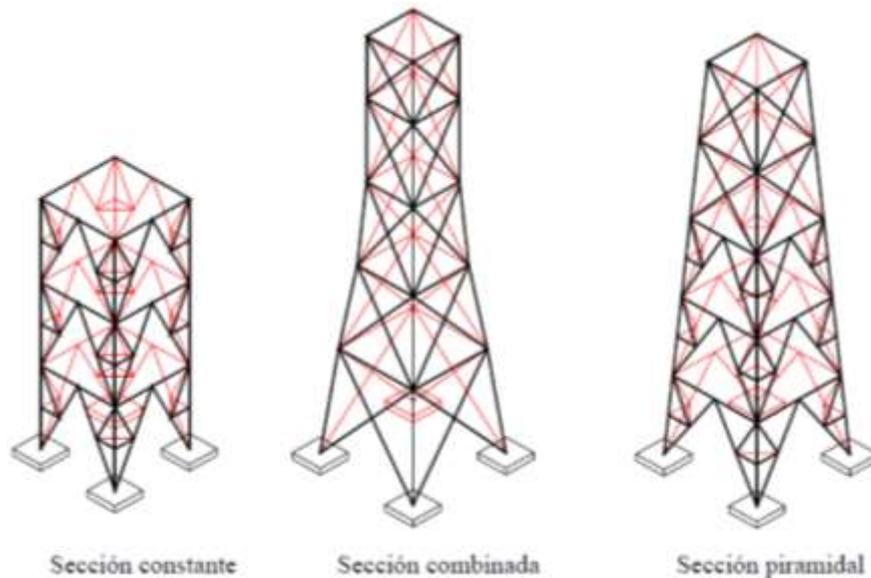


Ilustración 4-2: Torres de sección cuadrada

Fuente: Rodríguez, 2015, p 41

2.3.1.3 Materiales

En la Tabla 1-2 se muestran tres tipos básicos de aceros estructurales utilizados en la construcción de todo tipo de infraestructura, como puentes, edificios, torres, etc. Además, existe en el mercado un número limitado de perfiles de sección redonda o rectangular, las cuales están fabricadas en acero ASTM A500 Gr. B. El acero ASTM A36 ha sido sustituido por el ASTM A572 Gr. 50 debido a sus propiedades mecánicas superiores, siendo el primero usado principalmente para ángulos laminados en caliente y placas de conexión.

Tabla 1-2: Tipos de aceros comúnmente utilizados en la construcción en el Ecuador

Tipo de Acero	F_y [MPa]	F_u [MPa]
ASTM A36	250	400-500
ASTM A572 Gr.50	345	450
ASTM A588	345	450

Fuente: MIDUVI, 2016,p.18

Las consideraciones presentadas a continuación están fundamentadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

2.3.2 Cargas en función del tiempo de permanencia

Para el diseño de la torre de soporte interviene distintos tipos de cargas, como cargas permanentes o muertas, cargas vivas, cada una de estas se detallan a continuación:

2.3.2.1 Carga muerta o permanente

Las cargas permanentes consisten en el peso de todos los componentes que actúan constantemente sobre la estructura (Guevara et al., 2015, p.5).

2.3.2.2 Carga viva o sobrecarga de uso

Las sobrecargas de uso son aquellas que se presentaran habitualmente durante la vida útil de la estructura (Rodas, 2014, pp.25-29).

También existen cargas producidas por el ambiente como la carga por viento.

2.3.3 Carga por viento

2.3.3.1 Velocidad instantánea máxima del viento

De acuerdo con (MIDUVI, 2015, p.14), la velocidad de viento adecuada hasta 10 [m] de elevación será la máxima de acuerdo a la ubicación de la estructura considerando como mínimo 21 [m/s] o lo que es lo mismo 75 [km/h].

2.3.3.2 Velocidad corregida del viento

Es el producto entre la velocidad instantánea máxima del viento (V_b) y el coeficiente de corrección (σ) que depende de la altura, de las características topográficas y nivel de exposición al viento (MIDUVI, 2015, p.14).

$$V_b = V\sigma$$

Ecuación 11-2

Dónde:

V_b : velocidad corregida del viento [m/s]

V_b : velocidad instantánea máxima del viento [m/s]

σ : coeficiente de corrección (ver en la Tabla 2-2)

Tabla 2-2: Coeficiente de corrección σ

Altura	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Fuente: MIDUVI, 2015, p.14.

2.3.3.3 Presión del viento

Para determinar la presión de viento es decir la resistencia de la estructura al empuje del viento, el (MIDUVI, 2015, p.15) establece que el valor de dicha presión P se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$P_v = \frac{1}{2} \rho V_b^2 c_e c_f \quad \text{Ecuación 12-2}$$

Dónde:

P_v : Presión de viento $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

ρ : Densidad del aire (usar el valor de 1.25) $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

c_e : Coeficiente de entorno/altura (ver Tabla 4-2)

c_f : Coeficiente de forma (ver en la Tabla 3-2)

Tabla 3-2: Factor de forma c_f

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	-
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	-
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	-
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	-
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Fuente: MIDUVI, 2015, p.16

A partir de la Tabla 2-2 se obtiene una relación de las categorías con el factor c_e en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Factor de entorno/altura c_e

Categoría	Construcción	Coefficiente c_e
C (Protegida)	Elementos situados en patios interiores, cuyo ancho es inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior, así como ventanas interiores (en el caso de que se dispongan dobles ventanas)	0.3
B (Ligeramente protegida)	Elementos en fachadas protegidas en edificios alineados en calles rectas, a una distancia de la esquina, mayor que la altura de la edificación, en bloques exentos en la parte central de una fachada, de longitud mayor que el doble de la altura o en patios abiertos a fachadas o patios de manzana	0.8
A (No muy expuesta)	Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura	1.3

Categoría	Construcción	Coefficiente c_e
A (Muy expuesta)	Elementos en fachadas muy expuestas, situados al borde de la orilla de lagos o del mar, próximos a escarpaduras, laderas de fuerte inclinación, desfiladeros, y otros	1.5

Fuente: MIDUVI, 2015, p.17

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

2.3.4 Combinaciones de carga para el diseño por resistencia última

De acuerdo con el MIDUVI (2015, p.19), las estructuras, los componentes y los cimientos deben diseñarse para acomodar o superar los efectos del aumento de la carga en la resistencia de diseño de acuerdo con las siguientes combinaciones:

Tabla 5-2: Combinaciones de carga básicas

Combinación 1	$1.4D$
Combinación 2	$1.2D + 1.6L + 0.5\text{máx}[L_r; S; R]$
Combinación 3	$1.2D + 1.6\text{máx}[L_r; S; R] + \text{máx}[L; 0.5W]$
Combinación 4	$1.2D + 1W + L + 0.5\text{máx}[L_r; S; R]$
Combinación 5	$1.2D + 1E + L + 0.2S$
Combinación 6	$0.9D + 1W$
Combinación 7	$0.9D + 1E$

Fuente: MIDUVI, 2015, p.19

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Para que una estructura sea segura esta debe tener un comportamiento adecuado ante los requerimientos de resistencia, estabilidad y rigidez.

2.3.5 Método de diseño por factores de carga y resistencia

Los requisitos del método de diseño por factores de carga y resistencia o *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) se satisfacen cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es igual o excede la resistencia requerida determinada sobre la base de las combinaciones de carga LRFD (AISC, 2010,p.12).

$$R_u \leq \phi R_n$$

Ecuación 13-2

Dónde:

R_u : resistencia requerida (LRFD)

R_n : resistencia nominal

ϕ : factor de resistencia

ϕR_n : resistencia de diseño

2.3.6 Estados límite

Los estados límite de una estructura se definen como las condiciones que, si se superan, la estructura no será capaz de cumplir las funciones para las que fue planificada o diseñada y en donde una revisión de estos consiste en cotejar valores obtenidos en el diseño con valores límites o inadmisibles por las normas (Manzanarez, 2013, pp.20-22).

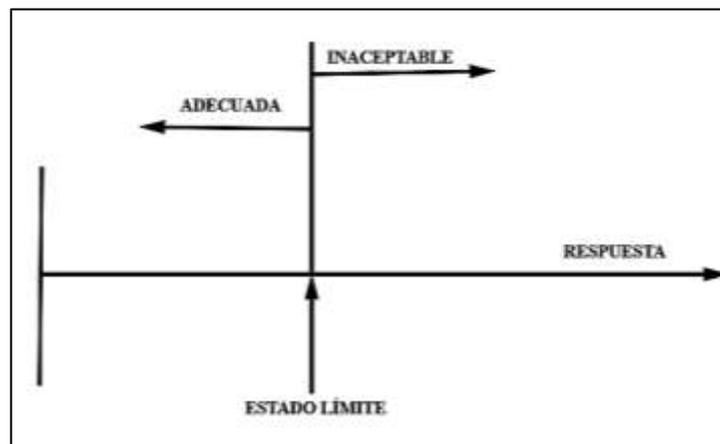


Ilustración 5-2: Respuesta de una estructura

Fuente: Manzanarez, 2013, p.20

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

2.3.6.1 Estado límite último de resistencia

Se cumple si las tensiones debidas al efecto de las cargas aplicadas no superan (son menores o iguales) la resistencia del material de los perfiles.

2.3.6.2 Estado límite de servicio de deformación

Se cumple si las flechas de los perfiles no superan la flecha límite a partir de la que se producen deterioros o anomalías, que afectan a la utilización del edificio.

La AISC (2010, p.440), recomienda en capítulo L, sección L3 que los límites de deflexión comunes para elementos horizontales son de $1/360$ de la luz para pisos sujetos a carga viva reducida y $1/240$ de la luz para los miembros del techo. Las deflexiones de aproximadamente $1/300$ de la luz son visibles y pueden provocar daños arquitectónicos generales o fugas en el revestimiento. Las deflexiones superiores a $1/200$ de la luz pueden perjudicar el funcionamiento de componentes móviles como puertas, ventanas y mamparas correderas.

2.3.7 Validación de estructuras metálicas por método de elementos finitos (MEF)

2.3.7.1 Software SAP 2000 v22.2.0

El software SAP 2000, es un programa de elementos finitos enfocado en la modelación, análisis y dimensionamiento de todo tipo de estructura, a través del uso de diversas herramientas se consigue resultados fiables, logrando soluciones más eficientes y productivas en el área de la ingeniería (CSI, 2022).

2.3.7.2 Software Ansys 2022 R1

El software Ansys, es un programa de elementos finitos enfocado en la simulación de áreas como: fluido dinámico, análisis estructural, electromagnetismo y multifísica, ofreciendo una visión detallada del rendimiento del producto en el mundo real (INTEGRAL INNOVATION EXPERTS, 2022).

2.4 Ensayos no destructivos de líquidos penetrantes (LP)

Esta prueba es una de las más utilizadas para la detección de defectos superficiales ya que se puede aplicar a cualquier material magnético o no magnético, con variaciones en el método para adaptarse a los diferentes tamaños y formas del elemento a analizar (Espinoza, 2019,p.32).

Se emplea para este tipo de ensayo un LP de material visible o fluorescente, el cual es aplicado uniformemente sobre el área a ser examinada para localizar discontinuidades abiertas.

2.4.1 Criterios de aceptación

Dentro de la parte C en la sección 6.9 y 6.10 la (AWS, 2015,p.194), explica que todas las soldaduras inspeccionadas visualmente se aceptan siempre y cuando estas sean evaluadas en base a los

criterios de aceptación para la inspección visual y se cumpla lo que estipula la tabla 6.1 que corresponde a la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Criterios de aceptación

Grado de discontinuidad	Criterio de Inspección
Prohibición de grietas	Cualquier grieta será inaceptable, independientemente del tamaño o localización.
Fusión de la soldadura/Metal base	Deberá existir una fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.
Cráter en la Sección Transversal	Todos los cráteres deberán rellenarse para proporcionar el tamaño de la soldadura especificada, excepto los extremos de las soldaduras de filete intermitente, fuera de su longitud efectiva.
Perfiles de soldadura	Los perfiles de la soldadura deberán estar conforme a la sección 5.24 de la (AWS, 2015,p.117).
Socavamiento	Para materiales menores a 1 [in] o 25 [mm] de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/32 [in] o 1 [mm], con la siguiente excepción: El socavamiento no deberá exceder 1/16 [in] o 2 [mm] para cualquier longitud acumulada hasta 2 [in] o 50 [mm] en cualquier tramo de 12 in o 300 [mm]. Para el material igual o mayor que 1 [in] de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/16 [in] o 2 [mm] para cualquier longitud de soldadura.
Porosidad	Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad visible en tubería. En todas las demás soldaduras en ranura y soldadas en filete, la suma de la porosidad visible de la tubería de 1/32 [in] o 1 [mm] o de diámetro mayor, no deberá exceder 3/8 [in] o 10 [mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder 3/4 [in] o 20 [mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 [in] o 300 [mm]. La superficie no debe tener mucha porosidad

Fuente: AWS, 2015, p.210

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Nota: Complete Joint Penetration (CJP) o Soldaduras de penetración completa

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología del diseño

Para comenzar con el diseño del sistema de almacenamiento de agua para el estable de la finca los Rosales, es fundamental cumplir uno de los primeros objetivos del presente proyecto, para lo cual se aplica la metodología QFD que permite desarrollar el sistema que se desea implementar en varias etapas las cuales se muestra en la Ilustración 1-3.



Ilustración 1-3: Método de diseño

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.2 Definición del sistema

El sistema de almacenamiento de agua debe satisfacer todas las características solicitadas por el cliente, mismas que servirán para establecer los parámetros técnicos ingenieriles con el fin de obtener un producto totalmente desarrollado capaz de competir en el mercado local e internacional.

3.2.1 Casa de la calidad

El desarrollo de la casa de la calidad crea una conexión entre el consumidor y el ingeniero como se estudió en el apartado 2.1, traduciendo las necesidades del usuario en características técnicas definidas por el equipo de ingeniería, facilitando la capacidad de proporcionar soluciones adecuadas al cliente.

3.2.1.1 Voz del usuario

Para determinar los requerimientos del usuario se ha realizado una entrevista dirigida principalmente a la persona a cargo del establo quien realiza el ordeño y la limpieza, con lo cual se identificó las necesidades del cliente, las mismas que se presentan en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Requerimientos del cliente

Requerimientos del cliente	Tipo de demanda
Resistente	O
Económica	B
Suficiente Agua	O
Encendido de Calefón	E
Suficiente Volumen	O

Realizado por: Edwin Patricio Paredes Moyano

Nota: El tipo de demanda corresponde a tres clasificaciones donde B=Básico, O=Unidimensional y E=Estimulante

3.2.1.2 Voz del ingeniero

Partiendo de las condiciones solicitadas por el usuario, se establecen las especificaciones generales de ingeniería correspondientes para el sistema de almacenamiento de agua como son: materiales, caudal, dimensiones de la torre, presión y almacenamiento.

Definida la voz del usuario y del ingeniero se desarrolla la casa de la calidad considerando los criterios estudiados en el capítulo 2.

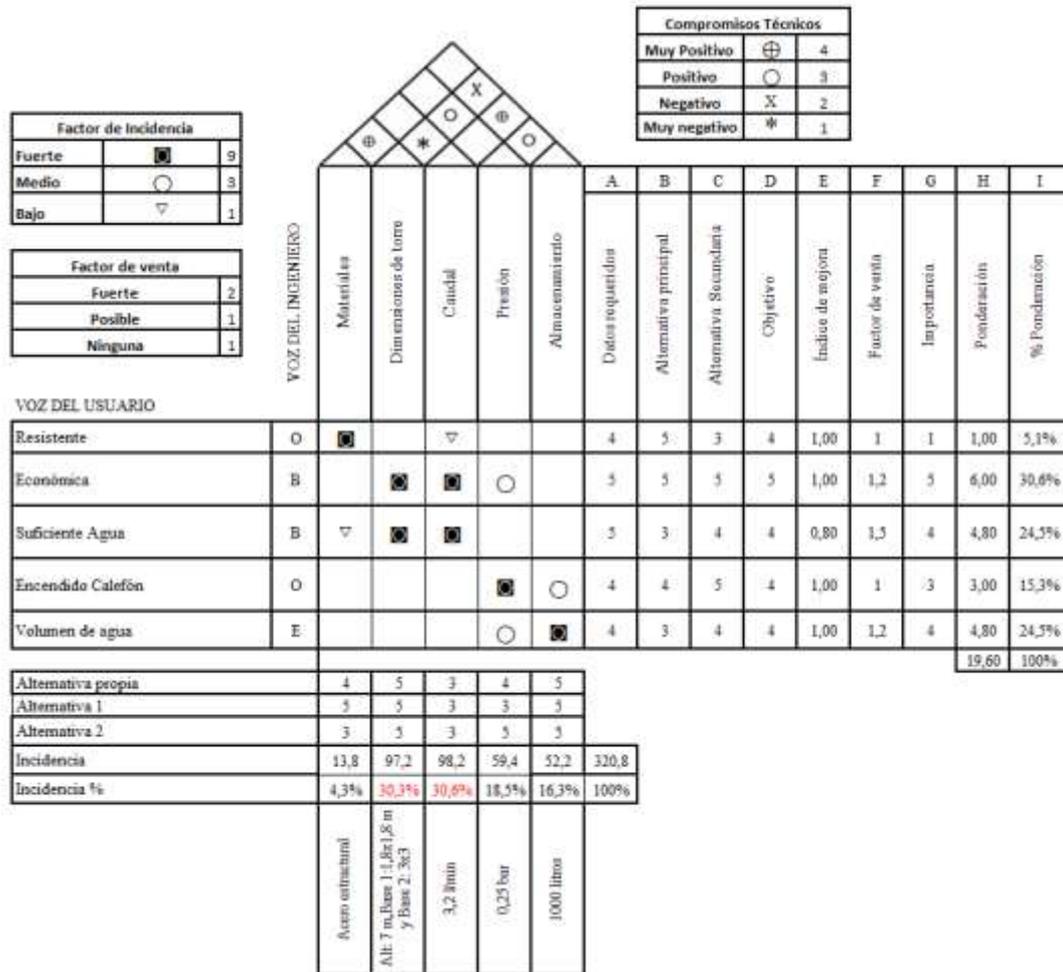


Ilustración 2-3: Casa de la calidad

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.2.2 Condiciones de diseño

Del análisis de la casa de la calidad se tiene las condiciones de diseño más importantes para el sistema de almacenamiento de agua, que satisfagan las necesidades para el usuario del establo, a continuación, se describen estas condiciones:

3.2.2.1 Dimensiones de la torre

Esta condición de diseño determinará, tanto la configuración geométrica de la estructura de la torre de soporte para el tanque de almacenamiento de agua y la selección idónea de los perfiles

estructurales (disponibles en el mercado nacional) adecuados para su construcción garantizando las condiciones adecuadas de seguridad.

3.2.2.2 Caudal

El caudal está relacionado directamente con la cantidad de agua que llega a el establo, siendo está indispensable para la correcta limpieza e higiene de todas las superficies y elementos usados en este lugar.

3.2.2.3 Presión

Esta condición de diseño permitirá encender equipos para lavado (hidro lavadora) o calentamiento de agua (Calefón).

3.3 Diseño conceptual

Una vez que se han determinado las principales condiciones de diseño para el sistema, se realiza el análisis funcional y matriz morfológica con la cual se generan alternativas de diseño y se realiza su evaluación mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados.

3.3.1 Evaluación de la estructura funcional

La evaluación de la estructura funcional del sistema genera un idea básica y general del recorrido secuencial del sistema almacenamiento de agua, detallando la transformación entre los flujos de entrada y salida del proceso, la estructura funcional del sistema tanto del nivel 0 y 1 se presenta en la Ilustración 3-3 e Ilustración 4-3 respectivamente.

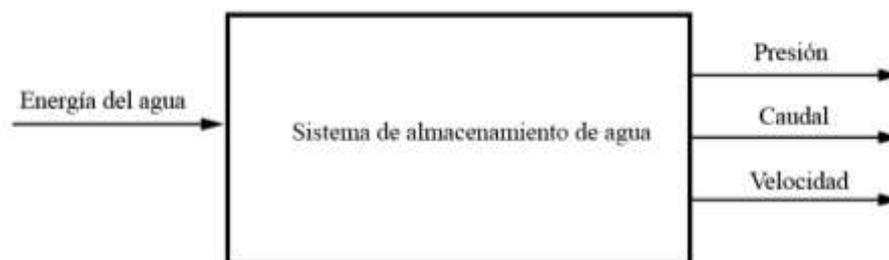


Ilustración 3-3: Análisis funcional Nivel 0

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

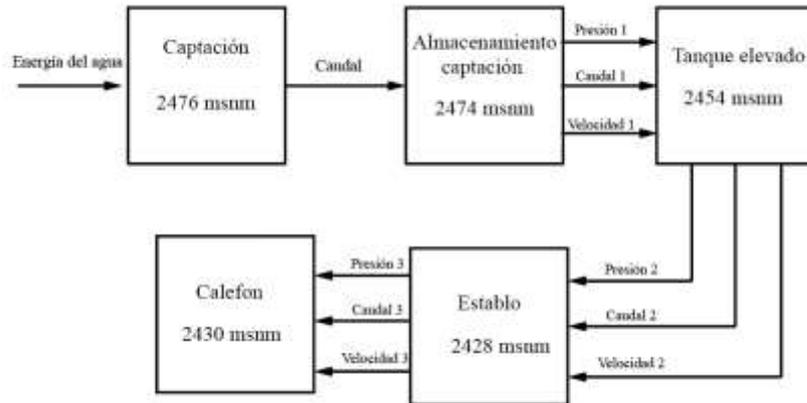


Ilustración 4-3: Análisis funcional Nivel 1

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.3.2 Matriz Morfológica

Mediante el análisis morfológico se ha descompuesto el sistema de almacenamiento de agua en sus componentes esenciales como se muestra en la Ilustración 5-3.

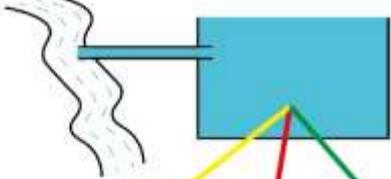
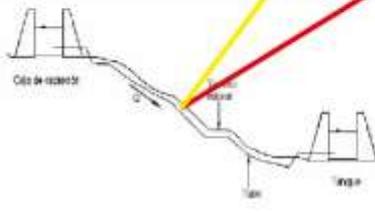
Función	Componente		
Captación	 <p style="text-align: center;">Superficial</p>		
Almacenamiento	 <p style="text-align: center;">Tanque cilíndrico vertical</p>	 <p style="text-align: center;">Tanque cónico</p>	 <p style="text-align: center;">Tanque cilíndrico horizontal</p>
Conducción	 <p style="text-align: center;">Tubería de Polietileno de baja densidad</p>		 <p style="text-align: center;">Tubería de PVC</p>
Sección transversal torre de soporte	 <p style="text-align: center;">Sección cilíndrica</p>	 <p style="text-align: center;">Sección constante cuadrada</p>	 <p style="text-align: center;">Sección piramidal cuadrada</p>
Abastecimiento	 <p style="text-align: center;">Por gravedad</p>		 <p style="text-align: center;">Con Sistema hidroneumático</p>

Ilustración 5-3: Matriz morfológica

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Nota: Alternativa 1: Color rojo, Alternativa 2: Color amarillo, Alternativa 3: Color verde

Se establece las combinaciones mediante la matriz morfológica se tiene tres alternativas, donde la ruta de color rojo representa la primera alternativa, la ruta de color amarillo la segunda alternativa y finalmente la ruta de color verde la tercera alternativa para el sistema de almacenamiento de agua.

3.3.2.1 Alternativa 1

Esta alternativa del sistema de almacenamiento de agua presenta una captación tipo superficial, un tanque de almacenamiento cónico, para la conducción de agua tubería de polietileno de baja densidad, una torre de soporte de sección piramidal cuadrada y entrega las condiciones de caudal, presión y velocidad en el punto de abastecimiento mediante gravedad.

3.3.2.2 Alternativa 2

Esta alternativa del sistema de almacenamiento de agua presenta una captación tipo superficial, un tanque de almacenamiento cilíndrico vertical, para la conducción de agua tubería de PVC, una torre de soporte sección constante cuadrada y entrega las condiciones de caudal, presión y velocidad en el punto de abastecimiento mediante gravedad.

3.3.2.3 Alternativa 3

Esta alternativa del sistema de almacenamiento de agua presenta una captación tipo superficial, un tanque de almacenamiento cilíndrico horizontal, para la conducción de agua tubería de polietileno de baja densidad, una torre de soporte de sección cilíndrica y entrega las condiciones de caudal, presión y velocidad en el punto de abastecimiento mediante un sistema hidroneumático.

3.3.3 Método ordinal corregido de criterios ponderados

De las alternativas encontradas se realiza una evaluación y comparación entre estas para una correcta toma de decisiones, mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados para el cual se asigna un valor de 1 si el criterio de las filas es superior que el de las columnas, 0.5 si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas y 0 si el criterio de las filas es inferior al de las columnas.

3.3.3.1 Criterios de evaluación de alternativas

Una vez determinadas las alternativas de solución, se plantea su respectiva evaluación considerando los siguientes parámetros:

- **Costo:** Corresponde al rubro económico que se invierte para la fabricación del sistema de almacenamiento de agua, incluye compra de materiales, pago de trabajadores, entre otros.
- **Dimensiones:** Corresponde a las dimensiones máximas de la torre de soporte del tanque elevado de almacenamiento.
- **Capacidad:** Corresponde a la cantidad de caudal y presión que se debe suministrar en el punto de abastecimiento.
- **Operación:** Las características del sistema de almacenamiento deberá satisfacer las exigencias del día a día del usuario.

3.3.3.2 Evaluación de los pesos específicos de las alternativas

Los criterios del apartado 3.3.3.1 se catalogan de acuerdo con el orden de importancia de la siguiente manera:

Capacidad > Dimensiones = Costo > Operación

Tabla 2-3: Evaluación del peso específico de cada criterio

CRITERIO	CAPACIDAD	DIMENSIONES	COSTO	OPERACIÓN	SUMATORIA	PONDERACIÓN
CAPACIDAD		1	1	0,5	3,5	0,41
DIMENSIONES	0		0,5	0	1,5	0,18
COSTO	0	0		0	1	0,12
OPERACIÓN	0,5	0	1		2,5	0,29
					8,5	1

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En el criterio “capacidad” se tiene el siguiente orden de importancia entre las alternativas:

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 3-3: Evaluación del peso específico del criterio de capacidad

CAPACIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	SUMATORIA	PONDERACIÓN
ALTERNATIVA 1		1	0	2	0,24
ALTERNATIVA 2	0		0	1	0,12
ALTERNATIVA 3	1	1		3	0,35
				6	0,705882353

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En el criterio “dimensiones” se tiene el siguiente orden de importancia entre las alternativas:

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio de dimensiones

DIMENSIONES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	SUMATORIA	PONDERACIÓN
ALTERNATIVA 1		1	1	3	0,35
ALTERNATIVA 2	0		1	2	0,24
ALTERNATIVA 3	0	0		1	0,12
				6	0,705882353

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En el criterio “costo” se tiene el siguiente orden de importancia entre las alternativas:

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio de costo

COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	SUMATORIA	PONDERACIÓN
ALTERNATIVA 1		0	0	1	0,12
ALTERNATIVA 2	1		0	2	0,24

COSTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	SUMATORIA	PONDERACIÓN
ALTERNATIVA 3	1	1		3	0,35
				6	0,705882353

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En el criterio “operación” se tiene el siguiente orden de importancia entre las alternativas:

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio de operación

OPERACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	SUMATORIA	PONDERACIÓN
ALTERNATIVA 1		1	1	3	0,35
ALTERNATIVA 2	0		1	2	0,24
ALTERNATIVA 3	0	0		1	0,12
				6	0,705882353

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Las ponderaciones de cada una de las alternativas luego se evalúan por su prioridad como se muestra en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3: Evaluación de la prioridad de las alternativas

CRITERIO	CAPACIDAD	DIMENSIONES	COSTO	OPERACIÓN	PONDERACIÓN	PRIORIDAD
ALTERNATIVA 1	0,09688581	0,06228374	0,01384083	0,10380623	0,28	1
ALTERNATIVA 2	0,04844291	0,04152249	0,02768166	0,06920415	0,19	3
ALTERNATIVA 3	0,14532872	0,02076125	0,04152249	0,03460208	0,24	2

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En la Ilustración 6-3 se presenta un modelo conceptual de la alternativa con la ponderación más alta desarrollado en el software SolidWorks.

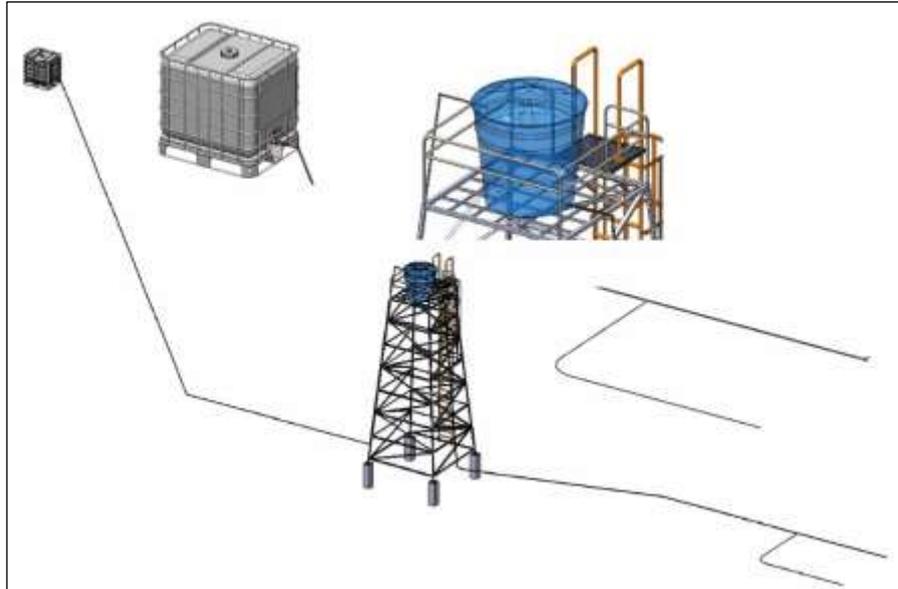


Ilustración 6-3: Modelo conceptual del sistema de almacenamiento de agua.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.4 Diseño de materialización

Definida la mejor alternativa para el sistema de almacenamiento de agua en los apartados 3.5 y 3.6 se realiza el diseño de sus partes principales como son el sistema de agua por gravedad y la torre de soporte para el tanque elevado mediante el software SAP 2000 y su correspondiente verificación en el software ANSYS, esto permitirá seleccionar los componentes más adecuados para el sistema de almacenamiento de agua, siendo esto fundamental para su posterior construcción e implementación.

Para comenzar con el diseño del sistema es indispensable obtener las condiciones adecuadas de caudal y presión en el establo y para el encendido del calefón para lo cual se realizarán los cálculos hidráulicos pertinentes.

3.5 Diseño del sistema de agua por gravedad

Para determinar la altura adecuada de la estructura metálica primero se realiza el análisis del sistema de agua por gravedad, para cumplir el objetivo planteado, que es el abastecimiento óptimo de caudal y presión para la limpieza del establo.

El sistema de agua por gravedad está conformado por tres tramos, donde el punto 3 es el lugar donde se construirá la torre para el tanque elevado, siendo este escogido después de tomar varios puntos mediante un GPS en el lugar donde se implementará el sistema.

- Tramo 1: Punto1-2 (Almacenamiento Captación-Tanque elevado)
- Tramo 2: Punto 2-4(Tanque elevado-Establo)
- Tramo 3: Punto 4-6(Derivación-Calefón)

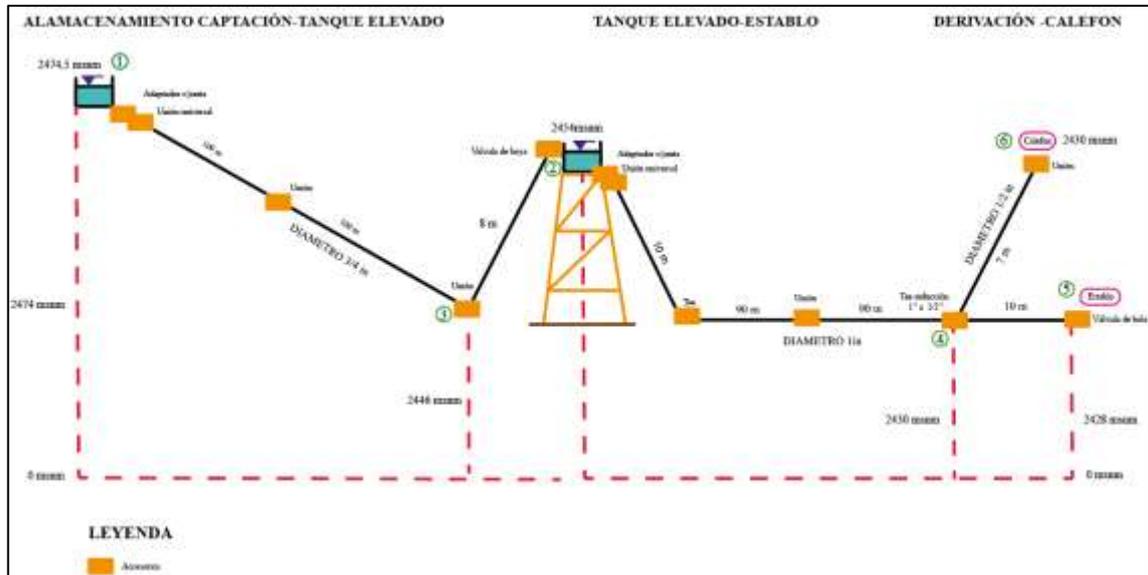


Ilustración 7-3: Esquema del sistema hidráulico

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En los siguientes apartados se detalla el procedimiento seguido para el cálculo de las condiciones más adecuadas de presión y caudal para el sistema, en donde para la simplificación de cálculo se utiliza el software Excel para todo el desarrollo.

3.5.1 Cálculo del factor de fricción

Para calcular el factor de fricción, fue necesario inicialmente conocer el tipo de flujo que circula por las tuberías, para lo cual se ha empleado la Ecuación 7-2 del número de Reynolds.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta}$$

Donde se considera, los valores referentes del agua a una temperatura ambiente indicados en la Tabla 8-3, y el diámetro interno promedio de una tubería de polietileno de uso agrícola mostrado en la Tabla 9-3, la cual es equivalente a la manguera deseada en el diseño del sistema de agua debido a la semejanza de sus propiedades.

Tabla 8-3: Propiedades del agua en el sistema internacional a 101 [kPa] (abs)

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}

Fuente: Mott y Untener, 2015, p.488

Tabla 9-3: Características de la tubería de polietileno de uso agrícola

DIÁMETRO NOMINAL PULGADAS	DIÁMETRO		PRESIÓN	ESPESOR	LONGITUD
	Di	D	PN	e	LT
	PROM (mm)	PROM (mm)	(PSI)	PROM (mm)	MIN (m)
1/2	15.80	19.21		1.71	100.0
3/4	20.93	24.97	80	2.02	100.0
1	26.64	31.70		2.53	100.0

Fuente: PLASTIGAMA, 2019, p.27

Se sustituye los datos de la Tabla 10-3 en la Ecuación 7-2 para obtener el número de Reynolds.

Tabla 10-3: Datos para el cálculo del número de Reynolds

Descripción	Parámetro	Valor
Velocidad en el punto 2	v_{1-2}	1,26242 [m/s]
Diámetro tramo 1-2	D_{1-2}	0,02093 [m]
Densidad del agua	$\rho_{T@20^{\circ}\text{C}}$	998 [kg/m ³]
Viscosidad dinámica del agua	$\eta_{T@20^{\circ}\text{C}}$	$1,02 \times 10^{-3}$ [Pa * s]

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

$$N_R = 26089,616 \quad (a)$$

Al ser el N_R un valor mayor a 4000 se tiene un flujo turbulento.

A continuación, se determina el factor de fricción para las tuberías de polietileno de uso agrícola de 1/2, 3/4 y 1 [in], empleando la Ecuación 9, el valor Reynolds (a) y los datos de la Tabla 9-3 y Tabla 11-3.

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(D/\varepsilon)} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Tabla 11-3: Rugosidad de la tubería de polietileno

Material	Rugosidad ε (m)	Rugosidad ε (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo estirado; cobre, latón, acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}

Fuente: Mott y Untener, 2015, p.185.

Se sustituye los datos de la Tabla 12-3 en la Ecuación 9-2 para obtener el factor de fricción para cada uno de los diámetros de manguera.

Tabla 12-3: Datos para el cálculo del factor de fricción

Descripción	Parámetro	Valor
Rugosidad	ε	3×10^{-7} [m]
Diámetro interno de 1/2 in	$D_{int. de 1/2"}$	0,0158 [m]
Diámetro interno de 3/4 in	$D_{int. de 3/4"}$	0,02093 [m]
Diámetro interno de 1 in	$D_{int. de 1"}$	0,02664 [m]
Número de Reynolds	N_R	26089,616

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

$$f_{\phi=1/2 [in]} = 0,024214612 \quad (b1)$$

$$f_{\phi=3/4 [in]} = 0,024228053 \quad (b2)$$

$$f_{\phi=1 [in]} = 0,024205729 \quad (b3)$$

3.5.2 Análisis del tramo desde almacenamiento captación al tanque elevado

Las alturas mostradas en la Ilustración 8-3 se midieron empleando el altímetro GPS en el sitio de estudio.

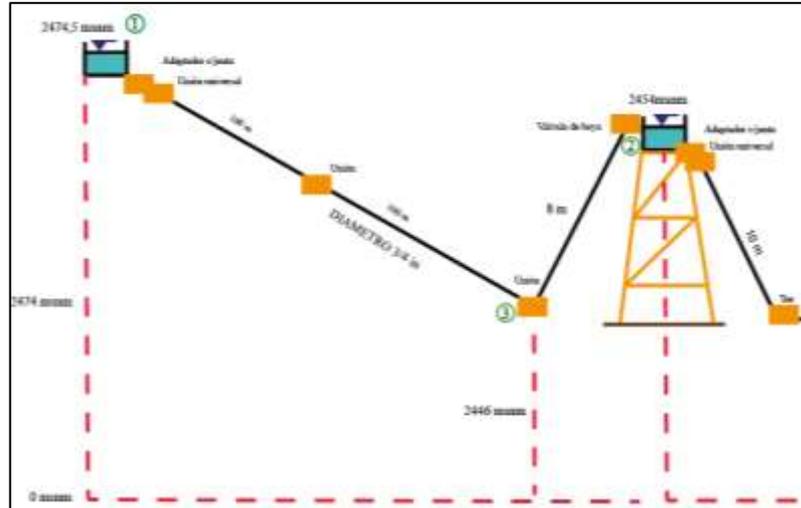


Ilustración 8-3: Esquema del tramo 1, puntos 1-2

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.2.1 Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de $\frac{3}{4}$ [in]

Los coeficientes K de pérdida y longitudes equivalentes para los accesorios corresponden a accesorios del PP (polipropileno) usados para tubería de PVC, esto por motivos de cálculo ya que no se ha encontrado referencias para tubería (manguera) de PEBD (polietileno de baja densidad). Sin embargo, en el apartado de selección de accesorios para el sistema de agua por gravedad se reemplazarán algunos por accesorios de PEBD.

Inicialmente se calcula de manera independiente el coeficiente de resistencia de la válvula flotante (de boya) (K) empleando la Ecuación 1-3. Considerando que al no haber una referencia del valor de longitud equivalente para dicha válvula se debe considerar una válvula que presente las mayores pérdidas en este caso se escoge una válvula de globo.

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) * f$$

Ecuación 1-3

Dónde:

$\frac{L_e}{D}$: longitud equivalente en diámetros de tubería

f : factor de fricción de la tubería

Tabla 13-3: Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta $\frac{3}{4}$	35
—abierta $\frac{1}{2}$	160
—abierta $\frac{1}{4}$	900

Fuente: Mott y Untener, 2015:p.242

Tabla 14-3: Coeficiente K de perdidas por accesorios

Componente	K	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Tees		
Paso directo con bridas o extremos lisos	0.2	
Paso directo con extremos roscados	0.9	
Salida de lado con bridas o extremos lisos	1.0	
Salida de lado con extremos roscados	2.0	
Union con extremos roscados	0.08	
Válvulas		
Globo totalmente abiertas	10	
Angulo totalmente abiertas	2	
Compuerta totalmente abiertas	0.15	
Compuerta 1/4 cerrada	0.26	
Compuerta 1/2 cerrada	2.1	
Compuerta 3/4 cerrada	17	
Cheque en el sentido del flujo	2	
Bola totalmente abierta	0.05	
Bola 1/3 cerrada	5.5	
Bola 2/3 cerrada	210	

Fuente: Munson et al., 1999: p.491

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

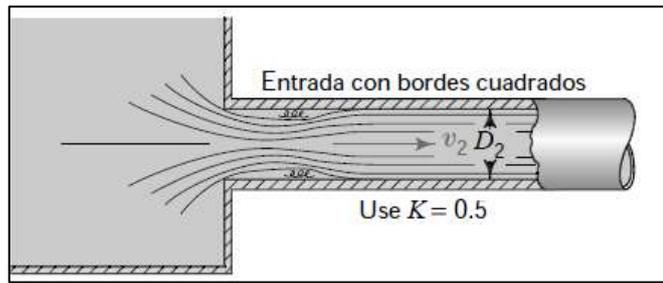


Ilustración 9-3: Coeficiente K de resistencia de entrada

Fuente: Mott y Untener, 2015:p.238

Se reemplaza los datos de la Tabla 13-3 y el valor del factor de fricción (f) en la Ecuación 1-3.

$$K = 8,23 \quad (c)$$

Una vez realizado este cálculo independiente se procede a determinar el coeficiente total de pérdidas por accesorios (k_t) de este tramo, considerando los valores de la ilustración 8-3, para el elemento de entrada y para los accesorios de unión, unión universal y adaptador para tanque c/junta se tomó como referencia el trabajo realizado por Analuisa (2017,pp.19-23), denominado “Implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico para la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías en el laboratorio de ingeniería electromecánica” y la Tabla 14-3, los mismos que se muestran en la Tabla 15-3:

Tabla 15-3: Resistencia en válvulas y accesorios del tramo 1

Accesorio /Elementos	K	Cantidad	K_t
Entrada	0,5	1	0,5
Válvula flotante	8,23	1	8,23
Unión	0,08	2	0,16
Unión universal	0,78	1	0,78
Adaptador para tanque c/junta	0,78	1	0,78
TOTAL			10,45

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.2.2 Cálculo del caudal en el punto 2

Para la obtener el caudal en el punto 2 se utiliza la Ecuación 6-2 en la cual se sustituye los parámetros de la Tabla 16-3, consiguiendo de esta forma la Ecuación 2-3.

Tabla 16-3: Parámetros para obtener el Q_2

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_1}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_1	2474,5	[msnm]	Ilustración 8-3.
$\frac{v_1^2}{2g}$	0	[m]	Velocidad de descenso de la lamina de agua es muy lento.
$\frac{p_2}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_2	2454	[msnm]	Ilustración 8-3.
$\frac{v_2^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_{acc} - h_{long} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$z_1 - h_{acc} - h_{long} = z_2 + \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

$$z_1 - z_2 - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} = 0$$

Ecuación 2-3

Además, se considera el valor del diámetro interno promedio de la manguera proporcionado en el catálogo de DIPAC en la Tabla 9-3.

$$D_{Int. manguera} \frac{3}{4} [in] = 0,02093 [m] \quad (d)$$

También se considera que la longitud de la manguera del tramo 1 es aproximada y se ha obtenido mediante las coordenadas tomadas en el sitio la cual corresponde a la longitud L_{1-3} . Mientras que para el tramo l_{3-2} se considera la altura de la torre cuyo valor fue obtenido realizando varias iteraciones mediante Excel considerando el punto 3 como altura inicial para este análisis el cual determina un valor de 7 [m] como óptimo. Además, se tiene en cuenta la altura del tanque de almacenamiento de 1 [m], utilizando la Ecuación 3-3 y la Ilustración 8-3 como referencia, se encuentra la longitud total L_{1-2} .

$$L_{1-2} = l_{1-3} + l_{3-2}$$

Ecuación 3-3

$$L_{1-2} = 200 + 8 = 208 [m] \quad (e)$$

Asimismo para el cálculo se utiliza el valor del factor de fricción (b2) y el valor total de K_t de la Tabla 15-3.

A continuación, se reemplaza todos los datos en la Ecuación 2-3 para obtener finalmente el valor del caudal Q_2 .

Una vez determinado este caudal, se encuentra el valor de la velocidad v_2 , sustituyendo los datos requeridos en la Ecuación 1-2.

$$v_2 = \frac{Q_2}{A}$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

3.5.2.3 Cálculo de la presión en el punto 2

Para calcular la presión en el punto 2, se emplea la Ecuación 6-2 y en esta se sustituye las consideraciones realizadas en la Tabla 17-3 de donde se obtiene la Ecuación 4-3.

Tabla 17-3: Parámetros para obtener p_2

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_1}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_1	2474,5	[msnm]	Ilustración 8-3.
$\frac{v_1^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[msnm]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$
Z_2	2454	[m]	Ilustración 8-3.
$\frac{v_2^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

$$\frac{p_2}{\gamma} = z_1 - z_2 - h_{long} - h_{acc} - \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{p_2}{\gamma} = z_1 - z_2 - \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 4-3

En la Ecuación 4-3 se reemplazan los datos de la Tabla 17-3 y los valores del factor de fricción (b2); diámetro interno (d); longitud (e); caudal y velocidad, para determinar la carga de presión p_2 .

Para obtener el resultado de la presión en pascales se despeja p_2 multiplicando toda la expresión por el peso específico tomado de la Tabla 8-3.

3.5.3 Análisis del tramo desde el tanque elevado al establo

Las alturas mostradas en la Ilustración 10-3 se midieron empleando el altímetro GPS en el sitio de estudio.

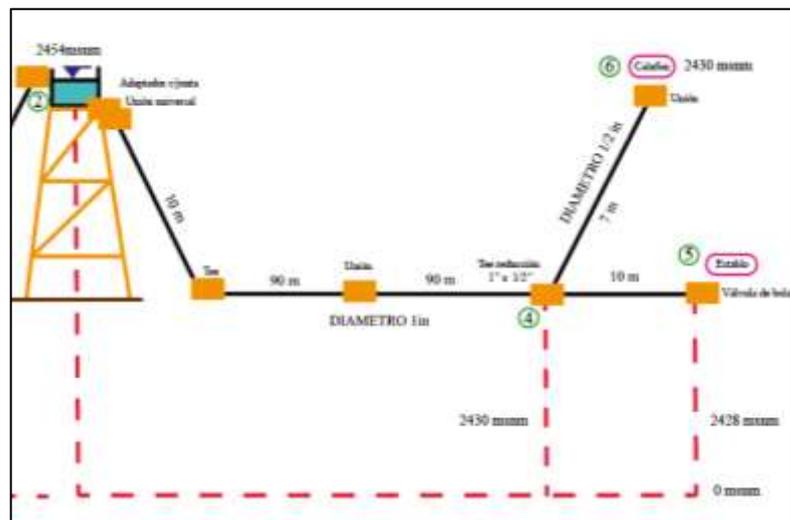


Ilustración 10-3: Esquema del tramo 2, puntos 2-4

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.3.1 Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de 1 [in]

Para obtener el coeficiente total de pérdidas por accesorios (K_t), necesario para el cálculo en el punto 4 y 5, pertenecientes al tramo analizado, se emplea el coeficiente de entrada K de la Ilustración 9-3, para el resto de los accesorios se tomaron de las Tabla 15-3 y Tabla 14-3, los cuales se indican en la Tabla 18-3.

Tabla 18-3: Resistencia en válvulas y accesorios en el tramo 2

Accesorio /Elementos	K	Cantidad	K _t
Entrada	0,5	1	0,5
Válvula de bola	0,05	1	0,05
Tee	0,9	1	0,9
Tee reductora 1in a 1/2in	0,9	1	0,9
Unión	0,08	1	0,78
Unión Universal	0,78	1	0,78
Adaptador para tanque c/junta	0,78	1	0,78
Total, Punto 4 (K _{t1})			3,04
Total, Punto 5 (K _{t2})			3,99

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.3.2 Cálculo del caudal en el punto 5

Para este cálculo se emplea nuevamente la Ecuación 6-2, tomando como referencia los puntos 2 y 5 de la Ilustración 10-3, y las propiedades del agua a temperatura ambiente de la Tabla 8-3.

Además, se considera el valor del diámetro interno promedio de la manguera proporcionado en el catálogo de DIPAC en la Tabla 9-3.

$$D_{Int. manguera \frac{1}{2}} = 0,02664 [m] \quad (f)$$

Al igual que en el tramo 1 la longitud de la manguera del tramo 2 es aproximada y se ha obtenido mediante las coordenadas tomadas en el sitio, está corresponde a la longitud L_{2-5} .

$$L_{2-5} = 200 [m] \quad (g)$$

También se emplea el valor del factor de fricción (b3) y se toma en cuenta las consideraciones de la Tabla 19-3:

Tabla 19-3: Parámetros para obtener el Q_5

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_2}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_2	2454	[msnm]	Ilustración 10-3
$\frac{v_2^2}{2g}$	0	[m]	Velocidad de descenso de la lamina de agua es muy lento.
$\frac{p_5}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_5	2430	[msnm]	Ilustración 10-3
$\frac{v_5^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Considerando todo lo expuesto anteriormente, se obtiene una ecuación similar a la del apartado 3.5.2.2 para al cálculo del caudal en el punto 5.

$$\frac{p_5}{\gamma} = z_2 - z_5 - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

A continuación, se reemplaza todos los datos en la ecuación para obtener finalmente el valor del caudal Q_5 .

Una vez encontrado el caudal, se determina a continuación el valor de la velocidad en el punto 5, para lo cual se reemplaza los valores solicitados en la Ecuación 1-2.

$$v_5 = \frac{Q_5}{A}$$

$$v_5 = \frac{Q_5}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

3.5.3.3 Cálculo de la presión en los puntos 4 y 5

Para el cálculo de la presión en los puntos mencionados, inicialmente se utiliza la Ecuación 6-2, y se toma en cuenta las consideraciones hechas en la Tabla 20-3.

Tabla 20-3: Parámetros para obtener las presiones P_4 y P_5

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_2}{\gamma}$	0	[m]	El depósito esta expuesto a la atmósfera.
Z_2	2454	[msnm]	Ilustración 10-3
$\frac{v_2^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$
$Z_4; Z_5$	2430; 2428	[msnm]	Ilustración 10-3
$\frac{v_4^2}{2g}; \frac{v_5^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Considerando todos los parámetros analizados en este tramo, se obtuvo la misma ecuación del apartado 3.5.2.3 para al cálculo de la presión en los puntos 4 y 5.

$$\frac{p_4}{\gamma} = z_2 - z_4 + \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{v_4^2}{2g}$$

$$\frac{p_5}{\gamma} = z_2 - z_5 + \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{v_5^2}{2g}$$

Finalmente se procede a sustituir en las ecuaciones plateadas anteriormente, todos los valores obtenidos del tramo 2, así como también se considera el valor del factor de fricción (b_3), y la velocidad en los puntos 4 y 5 siendo la misma por la definición de la ecuación de la continuidad.

3.5.4 Análisis del tramo desde la derivación al calefón

Las alturas mostradas en la Ilustración 11-3 se midieron empleando el altímetro GPS en el sitio de estudio.

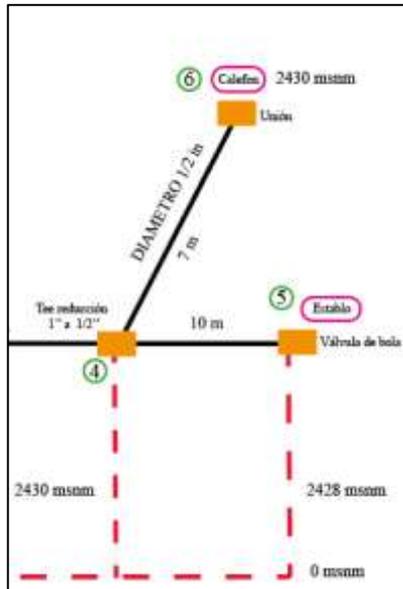


Ilustración 11-3: Esquema del tramo 3, puntos 4-6

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.4.1 Cálculo del coeficiente de resistencia en accesorios de 1/2 [in]

Para obtener el coeficiente total de pérdidas por accesorios (K_t) en este tramo, se utiliza el coeficiente de entrada K de la Ilustración 9-3 y para el resto de los accesorios el valor de K se toma de las Tabla 14-3 y Tabla 15-3, los mismos que se muestran en la Tabla 21-3.

Tabla 21-3: Resistencia en válvulas y accesorios del tramo 3

Accesorio /Elementos	K	Cantidad	K_t
Entrada	0,5	1	0,5
Tee reductora 1in a ½ in	0,08	1	0,08
Unión	0,08	1	0,08
Total			0,66

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.5.4.2 Cálculo del caudal en el punto 6

Para este cálculo se emplea nuevamente la Ecuación 6-2, tomando como referencia los puntos 4 y 6 de la Ilustración 11-3, y las propiedades del agua a temperatura ambiente de la Tabla 8-3.

Además, se considera el valor del diámetro interno promedio de la manguera proporcionado en el catálogo de DIPAC en la Tabla 9-3.

$$D_{Int. manguera 1/2 [in]} = 0,0158 [m] \quad (h)$$

Al igual que en el tramo 2 la que la longitud de la manguera del tramo 3 es aproximada y se ha obtenido mediante las coordenadas tomadas en el sitio, está corresponde a la longitud L_{4-6} .

$$L_{4-6} = 7 [m] \quad (i)$$

Además, para la obtención del caudal se emplea el valor del factor de fricción (b1) y se toma en cuenta las siguientes parametros mostrados en la Tabla 22-3.

Tabla 22-3: Parámetros para obtener el caudal Q_6

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_4}{\gamma}$	-	[m]	Este valor se obtiene en el apartado 3.5.3.3
Z_4	2430	[msnm]	Ilustración 11-3
$\frac{v_4^2}{2g}$	-	[m]	La velocidad en el punto 5 es la misma que en el punto 4
$\frac{p_6}{\gamma}$	0	[m]	El fluido esta expuesto a la atmósfera.
Z_6	2430	[msnm]	Ilustración 11-3
$\frac{v_6^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	m	Velocidad en función del caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Nota: La P6 en este apartado es cero, ya que se consideró dicho punto expuesto a la atmosfera para el cálculo.

Considerando todo lo expuesto anteriormente, se obtiene la misma ecuación del apartado 3.5.2.2 para al cálculo del caudal en el punto 6.

$$z_4 - z_6 - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} = 0$$

Se procede a sustituir todos los valores en la ecuación encontrada para obtener el caudal Q_6 .

Una vez encontrado el caudal en el tramo 3, se calcula el valor de la velocidad v_6 sustituyendo los datos requeridos en la Ecuación 1-2.

$$v_6 = \frac{Q_{4-6}}{A}$$

$$v_6 = \frac{Q_{2-6}}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

3.5.4.3 Cálculo de la presión en el punto 6

Al igual que en los apartados anteriores se utiliza la Ecuación 6-2, y se considera los parámetros establecidos en la Tabla 23-3.

Tabla 23-3: Parámetros para obtener la presión P_6

Elemento	Valor	Unidad	Observaciones
$\frac{p_4}{\gamma}$	-	[m]	Este valor se obtiene en el apartado 3.5.3.3
Z_4	2430	[msnm]	Ilustración 11-3
$\frac{v_4^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$
Z_6	2430	[msnm]	Ilustración 11-3
$\frac{v_6^2}{2g}$	$\frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$	[m]	Velocidad en función de su caudal $v = \frac{Q}{A}$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Nota: La P6 en este apartado se consideró unos milímetros antes de terminar la manguera.

Empleando todos los parámetros analizados en este tramo, se obtiene la misma ecuación del apartado 3.5.2.3 para al cálculo de la presión en el punto 6.

$$\frac{p_6}{\gamma} = z_4 - z_6 + \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{8kQ^2}{\pi^2 g D^4} - \frac{v_6^2}{2g} + \frac{v_4^2}{2g}$$

A continuación, se reemplaza en la ecuación obtenida, los datos de la Tabla 8-3 y la Tabla 23-3, los valores del factor de fricción (b1); diámetro interno (h); longitud (i); caudal y velocidad, para determinar la presión p_6 .

3.5.5 Cálculo del almacenamiento de agua

En el presente proyecto todos los resultados se presentan en el capítulo 4, pero debido a que en este apartado es necesario explicar la metodología seguida para calcular la capacidad del tanque de almacenamiento la misma que es fundamental para realizar el diseño de la torre de soporte, experimentalmente se determina que el tiempo que toma las actividades de limpieza en el establo y lavado de 5 recipientes de 40 litros para el almacenamiento de la leche, son de 30 [min].

Se considera el caudal que llega al tanque de almacenamiento en el punto 2 en base al apartado 3.5.2.2 que es de 26,06 [l/min], tomando el tiempo de trabajo y haciendo uso de la Ecuación 1-2 se tiene un volumen de llenado de 651,5 [l]. Considerando un tanque de almacenamiento de 1000 [l] se tiene un volumen total de 1651,5 [l] disponible.

Así mismo se utiliza el valor del caudal en el punto 5 que llega al establo el cual se obtiene en base al apartado 3.5.3.2 el cual tiene un valor de 53 [l/min], despejando el volumen de la Ecuación 1-2 se tiene el volumen que se consume en el tiempo de trabajo de 1325 [l].

Haciendo una diferencia entre el volumen total disponible y el volumen total que se consume, se tiene un valor de 326,5 [l] que es el volumen de agua remanente en el tanque, lo que implica que el almacenamiento de 1000 [l] es el más adecuado para satisfacer la demanda de agua, por lo tanto, se recurre al catálogo de tanques de almacenamiento de agua de polietileno de la empresa Plastigama como se muestra en el anexo A y de donde se selecciona un tanque cónico cuyas dimensiones se detallan en la Tabla 24-3 y su modelo se observa en la Ilustración 12-3.

Tabla 24-3: Dimensiones tanque de almacenamiento de 1 [m³]

Capacidad [L]	A1 [mm]	A2 [mm]	H [mm]
1000	1241	995	1200

Fuente: PLASTIGAMA, 2019, p.2

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022



Ilustración 12-3: Dimensiones tanque de almacenamiento de 1 [m³]

Fuente: PLASTIGAMA, 2019, p.2

3.6 Diseño de la estructura metálica de la torre de soporte

La literatura revisada en el capítulo 2 para el diseño de la torre de soporte indica las ecuaciones proporcionadas por la NEC para determinar las cargas fundamentales que actúan sobre esta y el software SAP 2000 que permitirá obtener el diseño final de la estructura, con el apoyo del software AutoCAD.

3.6.1 Determinación de los parámetros de diseño

3.6.1.1 Configuración de la geométrica

En el apartado 3.5.5 se determina el almacenamiento requerido para el abastecimiento del establo que es de 1000 [l]. También se considera una altura de 7 [m] que se obtiene en el apartado 3.5.2.2, esta altura es necesaria para garantizar las condiciones de caudal y presión de agua tanto el establo como para el encendido del calefón.

Con estos datos y haciendo una relación geométrica entre las medidas del tanque de almacenamiento y las recomendaciones dadas por algunos autores en el apartado 2.3.1 sobre la tipología de las torres, se determina que la base inferior de esta tiene dimensiones de 3 x 3 [m] mientras que en la base superior tiene dimensiones de 1.8 x 1.8 [m].

Con ayuda de AutoCAD se ha construido un modelo alámbrico de la torre de soporte como se muestra en la Ilustración 13-3.

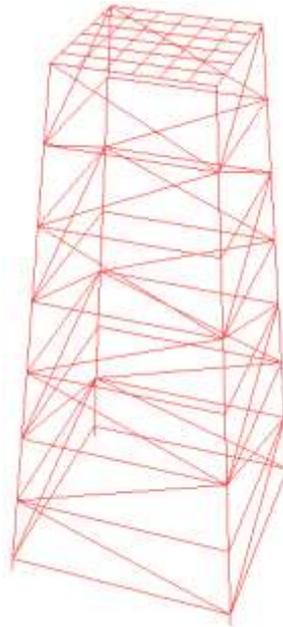


Ilustración 13-3: Modelo alámbrico de la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.1.2 Consideración de la carga muerta

Concretamente las cargas permanentes a las que va a estar sometida la torre de soporte y que se deben considerar son, el peso del tanque sin agua el cual al ser de plástico se desprecia, pasamanos de seguridad, escalera de servicio y el peso propio.

3.6.1.3 Cálculo de la carga viva

Para determinar la única carga viva que actúa en la torre se considera el volumen de agua del tanque de almacenamiento de 1000 [L] de capacidad y se hace el siguiente cálculo partiendo de la Ecuación 5-3 que corresponde a la fórmula de la densidad.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 5-3

Donde:

ρ : densidad [kg/m^3]

V : Volumen [m^3]

La densidad del agua a 20°C es de 998 [Kg/m^3] como se indica en la Tabla 8-3 y despejando la masa de la Ecuación 5-3 se tiene lo siguiente:

$$m = \rho V$$
$$m = 998 [Kg]$$

Multiplicando este resultado por el valor de la gravedad de 9.8 [m/s], se determina el peso del volumen de agua:

$$P = (998)(9,8)$$
$$P = 9781 [N]$$

3.6.1.4 Cálculo de la carga de viento

Para realizar el cálculo de la carga de viento se considera los datos que se muestran en la Tabla 25-3, los cuales se estudian en el apartado 2.3.3.

Tabla 25-3: Datos para el cálculo de la carga de viento

Parámetro	Valor
Velocidad instantánea máxima de viento	30 [m/s]
Coefficiente de corrección (ver Tabla 2-2)	1
Densidad del aire	1.25 [Kg/m^3]
Coefficiente de entorno /altura c_e (ver Tabla 4-2)	1.5
Coefficiente de forma c_f (ver Tabla 3-2)	0.7

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Tomando la Ecuación 11-2 y considerando la velocidad instantánea máxima de viento de 30 [m/s] de acuerdo con el criterio de la NEC que se revisa en el apartado 2.3.3.1.

$$V_b = V\sigma$$
$$V_b = 30 [m/s]$$

Reemplazando este valor y los de la Tabla 25-3 en la Ecuación 12-2 se realiza el cálculo de la presión de viento que actúa sobre la torre.

$$P_V = \frac{1}{2} \rho V_b^2 c_e c_f$$

$$P_V = 590,625 [N/m^2]$$

Dada la configuración geométrica de la torre la carga de viento tiene una influencia moderada en esta por lo tanto se deja a criterio del diseñador emplearla o no en el análisis.

3.6.1.5 Cálculo de la carga de sismo

- Cálculo cortante basal (V)

En la Tabla 26-3 se muestra a manera de resumen los datos necesarios para realizar el cálculo de la cortante basal de acuerdo con el capítulo 9 de la NEC en su sección para diseño sismorresistente.

Tabla 26-3: Parámetros para el cálculo de la cortante basal en base a la NEC-SE-DS

Parámetro	Valor	Observaciones
Tipo de perfil de suelo	D	Cuando las propiedades del suelo no se conocen con suficiente detalle para determinar la clase del sitio, la clase de sitio D se utilizará a menos que la autoridad competente o los datos geotécnicos determinen que hay suelos de clase E o F en el sitio (ASCE, 2010, p. 65). Esta valoración se extrae de la tabla 2 de la (MIDUVI, 2014a, p.30).
Factor de zona (Z)	0,40	Este valor se obtiene de la tabla 1 y 16, considerando que el territorio Ecuatoriano está

Parámetro	Valor	Observaciones
Zona sísmica	V	catalogado como amenaza sísmica alta (MIDUVI, 2014a, p.28).
Factor de importancia(I)	1	El propósito de este factor es aumentar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño tomando en cuenta la tabla 6 (MIDUVI, 2014a, p.41).
Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó (Fa)	1,2	Este valor se extrae de la tabla 3 en base a los parámetros de zona sísmica y tipo de perfil de suelo (MIDUVI, 2014a, p.31).
Razón entre la aceleración espectral Sa (T = 0.1 s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado (η)	2,48	Se recomienda este valor para las Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos (MIDUVI, 2014a, p. 34).
Coefficiente de reducción de respuesta estructural (R)	3	Este valor se obtiene de la tabla 15 para torres de armadura (autoportantes o atirantadas) (MIDUVI, 2014a, p.90).

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Para obtener el valor de la cortante basal se reemplaza los datos de la Tabla 26-3 en la Ecuación 6-3, de donde se tiene un valor de 0,331.

$$V = \frac{\eta z F_a I}{R}$$

Ecuación 6-3

- Determinación del periodo de vibración

En la se muestra a manera de resumen los datos necesarios para realizar el cálculo del periodo de acuerdo con el capítulo 9 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su sección para diseño sismorresistente.

Tabla 27-3: Parámetros para determinar el periodo de vibración en base a la NEC-SE-DS

Parámetro	Valor	Observaciones
Altura máxima de la estructura (h_n)	7	Se considera el valor de la altura de la torre de soporte en metros.
Coficiente que depende del tipo de edificio (C_t)	0,072	Se considera una estructura de acero sin arriostamiento (MIDUVI, 2014a, p. 65). Se tiene un valor de $\alpha = 0,8$

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

A continuación, se aplica la Ecuación 7-3, obteniendo un valor del periodo de vibración de 0,342 [s].

$$T = C_t h_n^\alpha \quad \text{Ecuación 7-3}$$

- Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura

Este valor se obtiene de acuerdo con el valor de periodo de vibración mediante los rangos que se muestran en la Tabla 28-3.

Tabla 28-3: Determinación de K

Valores de T [s]	K
$\leq 0,5$	1
$0,5 < T \leq 2,5$	$0,75 + 0,5T$
$> 2,5$	2

Fuente: MIDUVI, 2014a:p.70

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Con el valor del periodo de vibración obtenido anteriormente y las consideraciones de la Tabla 28-3 se tiene un valor para K de 1.

Además, de la Tabla 29-3 se considera un nivel de desempeño de la estructura de servicio y haciendo la suposición de que los elementos eskrútales no han sufrido ningún daño, se tiene una tasa anual de excedencia de 0,023.

Tabla 29-3: Tasa anual de excedencia sísmica

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Elementos estructurales	Elementos estructurales	Tasa anual de excedencia
Servicio	Ningún daño	Ningún daño	0,023
Daño	Ningún daño	Daños	0,014
Colapso	Cierto grado de daño	Daños considerables	0,002

Fuente: MIDUVI, 2015, p.43

Una vez que se tiene el valor de tasa anual de excedencia y las curvas de los periodos de vibración en la Ilustración 14-3 a continuación se obtiene el valor de la aceleración sísmica que se muestra a manera de resumen en la Tabla 30-3.

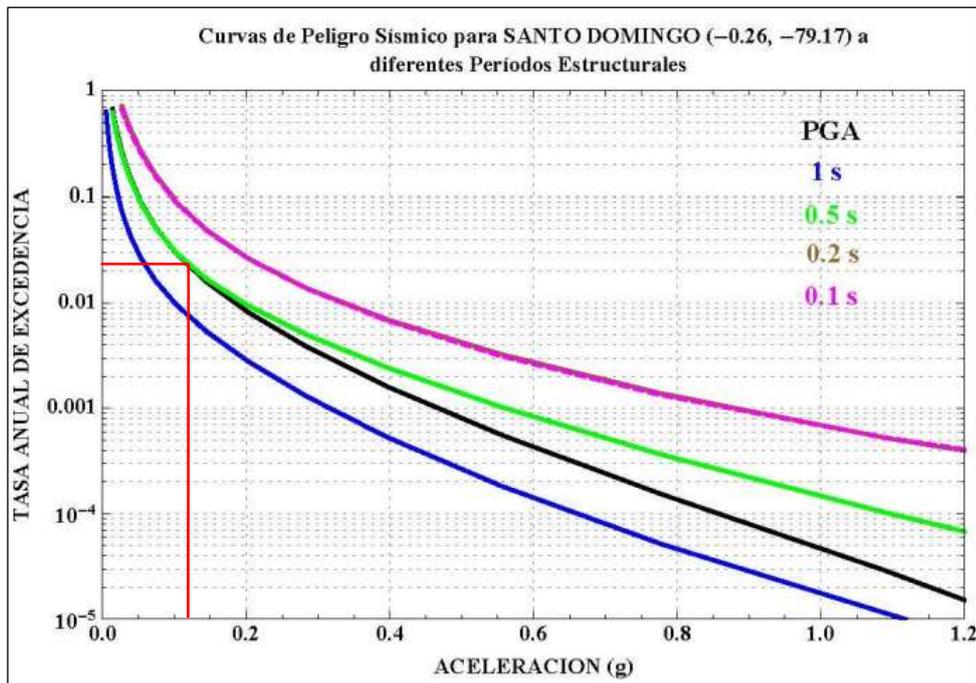


Ilustración 14-3: Curvas de peligro sísmico, Santo Domingo

Fuente: MIDUVI, 2015, p.119

Tabla 30-3: Aceleración sísmica

Tasa anual de excedencia	Periodo de vibración [s]	Frecuencia [Hz]	Aceleración (g) [m/s ²]
0,023	1	1	0,075
0,023	0,5	2	0.1166
0,023	0,342	2,924	0.1166
0,023	0,2	5	0,175
0,023	0,1	10	0,225

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2 Diseño mediante SAP 2000

3.6.2.1 Obtención del modelo estructural

Se realiza la importación del archivo .dxf del modelo alámbrico 3D creado en Auto CAD que se muestra en la Ilustración 15-3.

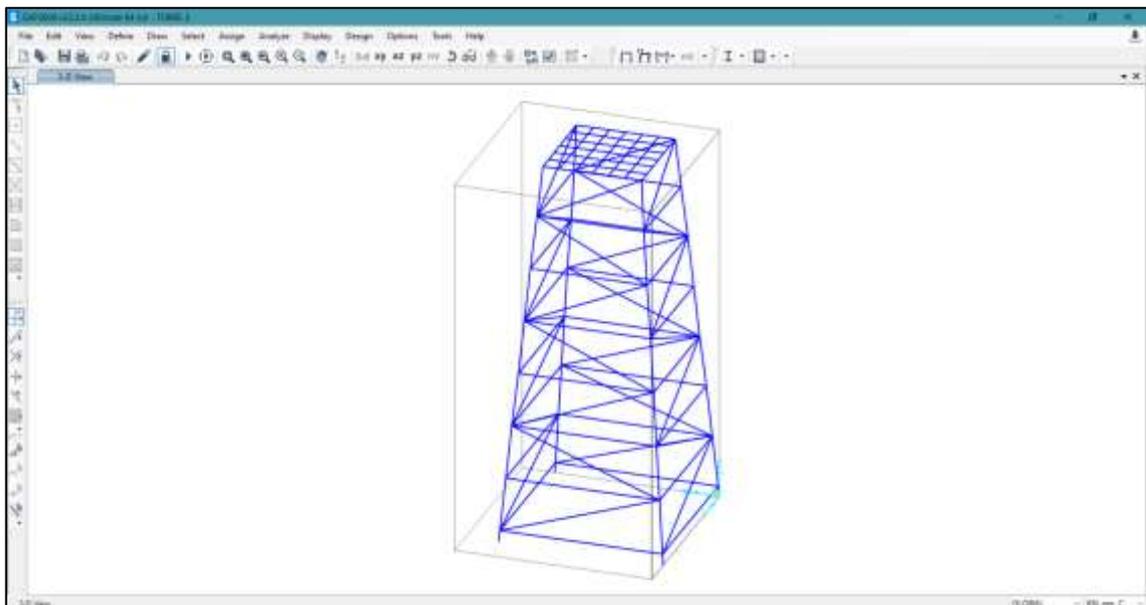


Ilustración 15-3: Modelo alámbrico de torre importado desde AutoCAD a SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Una vez que se obtiene el modelo alámbrico se procede a asignar las secciones de los perfiles estructurales seleccionados para el diseño.

3.6.2.2 Asignación de secciones

La Tabla 31-3 muestra los perfiles estructurales seleccionados para las diferentes secciones de la torre, que se muestran en el catálogo de DIPAC en el anexo C.

Tabla 31-3: Secciones de los perfiles de la torre

Perfiles	Elementos	Material
Cuadrado 50 x 3 [mm] o 2 in x 3 mm	Columnas, base superior e inferior	ASTM A500 GrB
Cuadrado 30 x 1,5 mm o 1 $\frac{1}{4}$ in x 1,5 mm	Base tanque de almacenamiento	ASTM A500 GrB
Angular 50 mm x $\frac{1}{8}$ in o 2 in x $\frac{1}{8}$ in	Celosía	ASTM A36

Fuente: DIPAC, 2015, pp.7-31

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Además, en la Ilustración 16-3 se muestra la distribución de las secciones en la estructura de la torre.

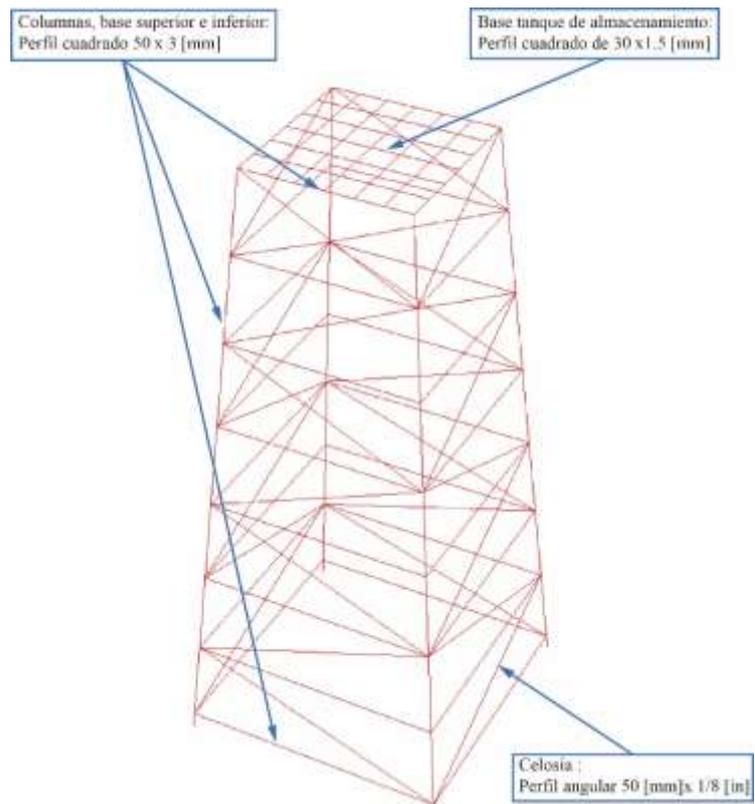


Ilustración 16-3: Secciones de la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Finalmente, en la Ilustración 17-3 se muestran las secciones asignadas en SAP 2000 según corresponde como se indica en la Ilustración 16-3.

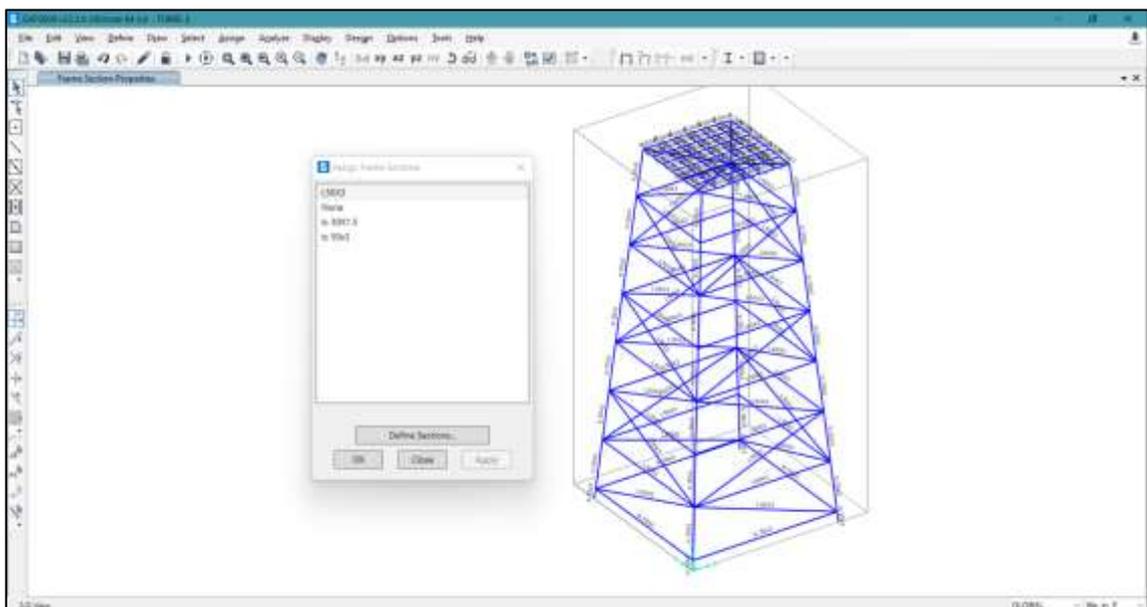


Ilustración 17-3: Asignación de secciones de la torre en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.3 Asignación de restricciones

Para las restricciones se considera que las cuatro columnas de la torre estarán ancladas mediante placas base fijadas con pernos por lo cual se asigna una restricción de empotramiento a cada una para el diseño como se muestra en la Ilustración 18-3.

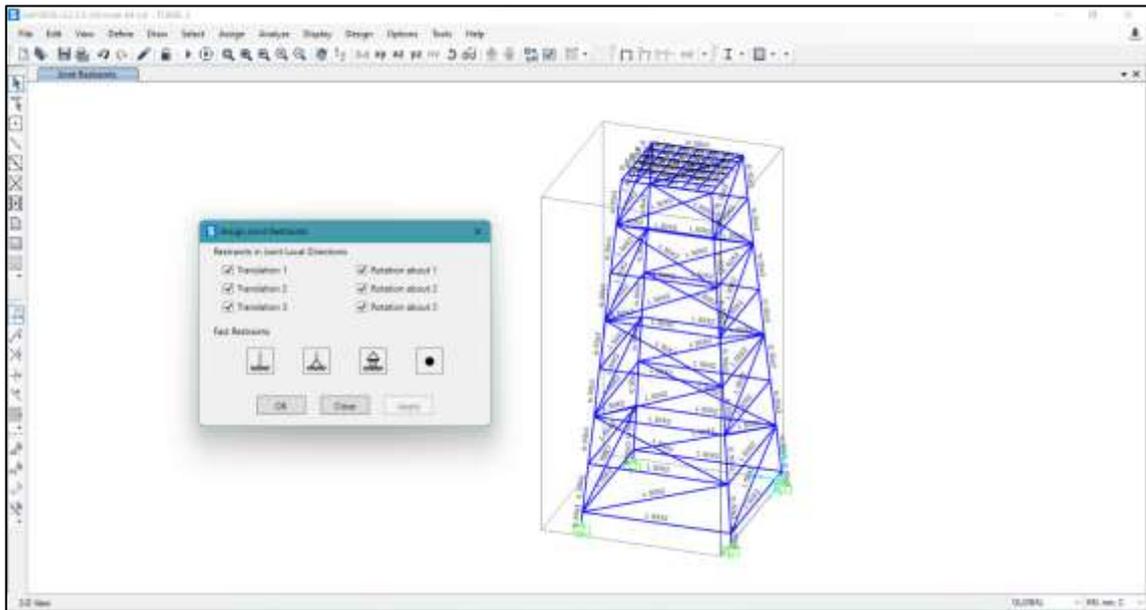


Ilustración 18-3: Asignación de restricciones en los anclajes de la torre en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.4 Definición de patrones de carga

Inicialmente se establece los patrones de carga muerta, viva, viento y sismo, considerando el peso propio de la torre mediante el *self weight multiplier* indicado en la Ilustración 19-3.

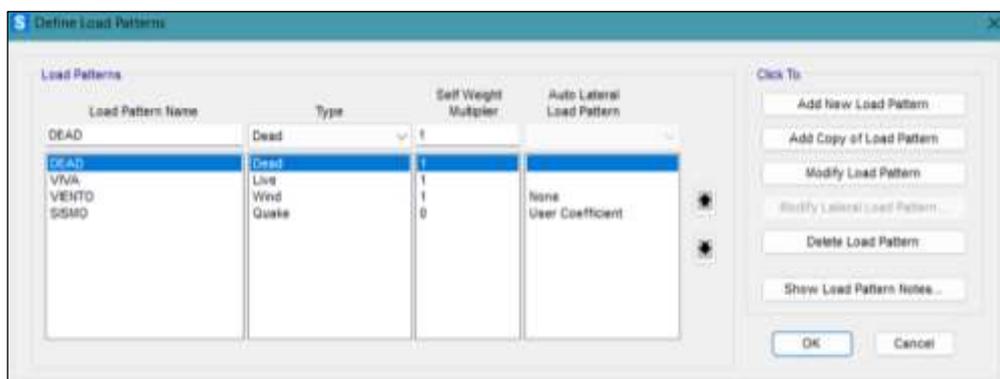


Ilustración 19-3: Definición de patrones de carga en SAP 2000.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Para considerar la carga de sismo se debe tomar el valor de la cortante basal y el coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura indicados en el apartado 3.6.1.5 como se muestra en la Ilustración 20-3.

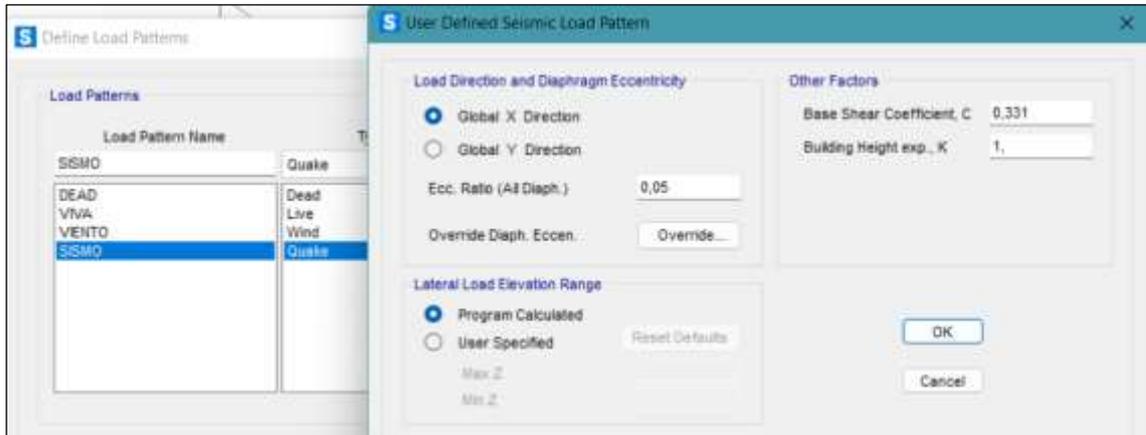


Ilustración 20-3: Definición de carga de sismo en SAP 2000.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.5 Definición de combinaciones de carga

Se define las combinaciones de carga para el diseño las cuales están especificadas la Tabla 5-2 en el apartado 2.3.4.

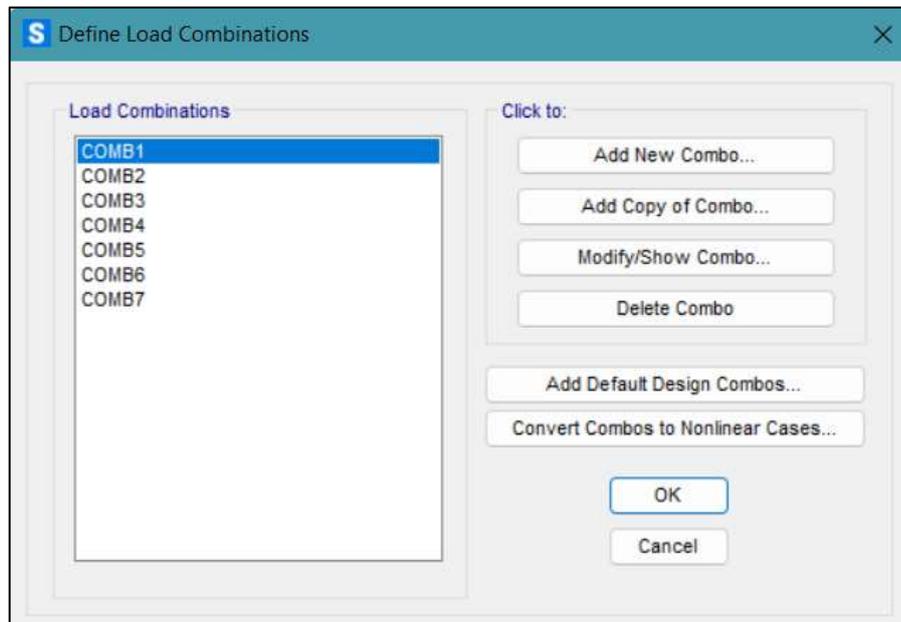


Ilustración 21-3: Definición de combinaciones de carga en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.6 Definición de sección de área

Un paso previo antes de asignar las cargas es definir una sección de área, para lo cual se toma en cuenta las especificaciones que se muestra en la Ilustración 22-3 donde todas las unidades están en milímetros.

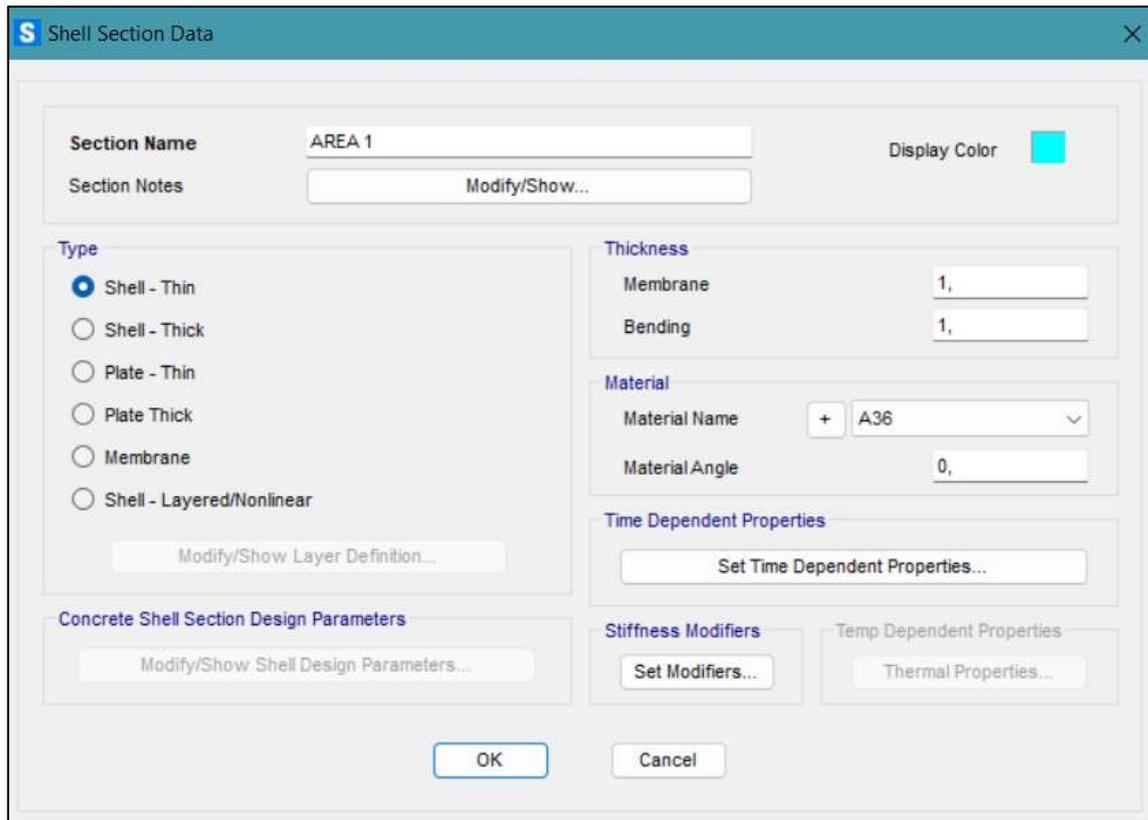


Ilustración 22-3: Definición de sección de área en SAP 2000.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

A continuación, se asigna la sección de área tipo *shell thin* creada, a las áreas dibujadas (ver la Ilustración 23-3) para la carga de viento.

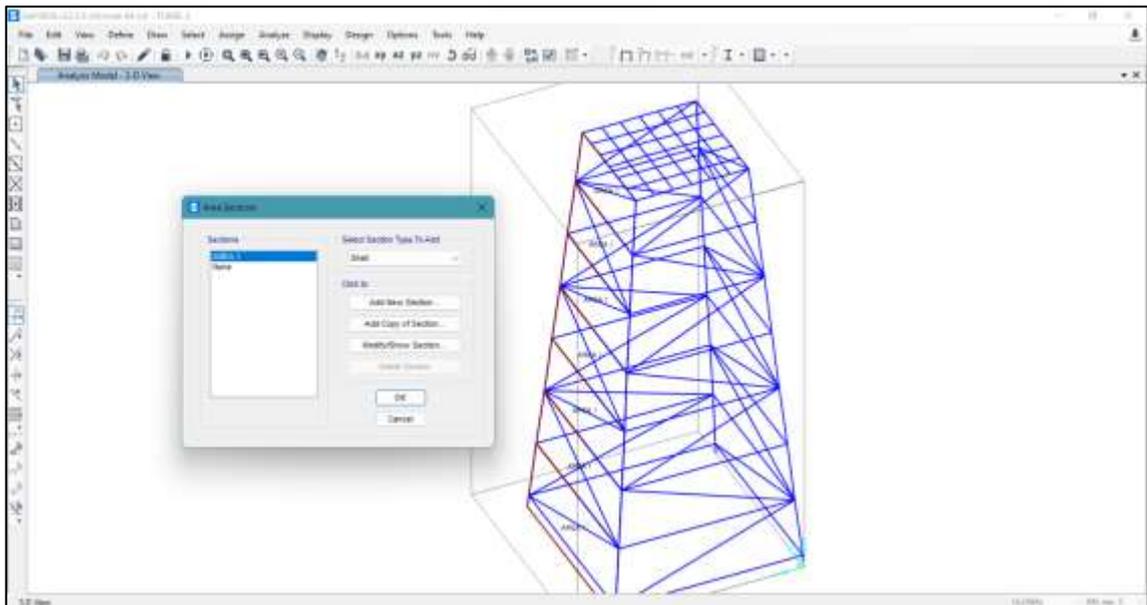


Ilustración 23-3: Asignación de sección de área en SAP 2000.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.7 Asignación de carga viva

Se aplica la carga puntual de 9781 [N] en dirección de la gravedad la cual fue obtenida en el apartado 3.6.1.3, dividiendo esta para el numero de nodos como se muestra en la Ilustración 24-3.

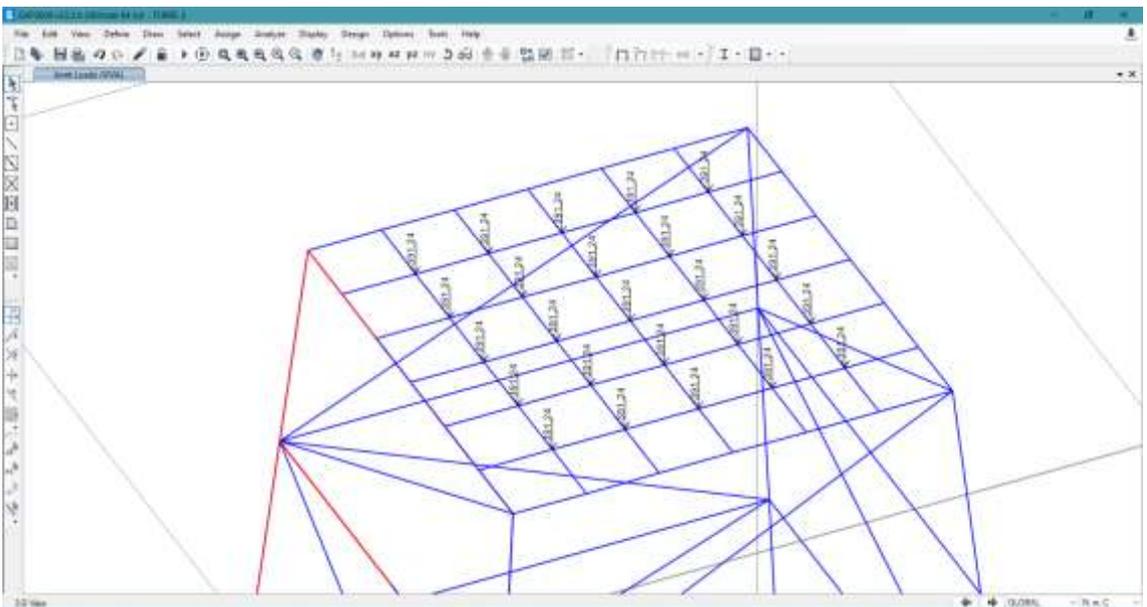


Ilustración 24-3: Asignación de carga viva en la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.8 Asignación de carga de viento

En el apartado 3.6.1.4 se indica el valor de la carga de viento, la cual se asigna como *surface pressure* en las áreas especificadas anteriormente para distribuir de manera lineal y uniforme la carga de presión calculadas.

Para la carga de viento se hace un procedimiento similar aplicando en la superficie un valor de presión de viento de $590,625 \text{ [N/m}^2\text{]}$ cómo se observa en la Ilustración 25-3.

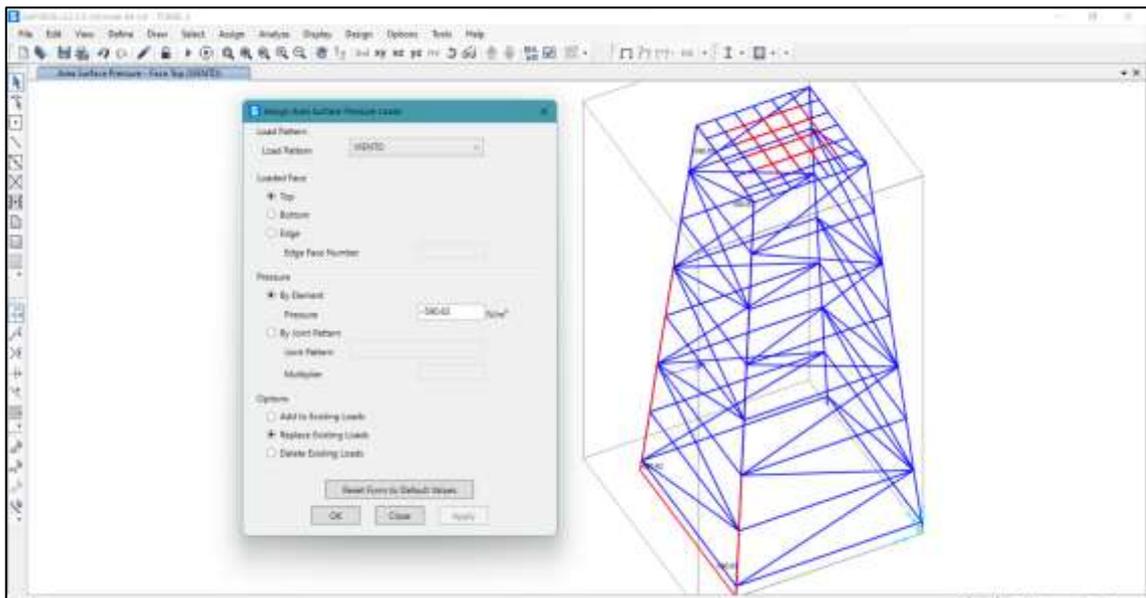


Ilustración 25-3: Asignación de carga de viento en la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.9 Asignación de carga para escalera de servicio

Además, se considera una masa de 50 [Kg] de la escalera de servicio más el peso de una persona promedio de 100 [Kg] que periódicamente estará haciendo los mantenimientos y chequeos del tanque de almacenamiento lo cual nos da un peso de 1470 [N] que se distribuye en cada uno de los elementos horizontales de una de las caras de la torre de manera puntual y la cual se considera como una carga muerta.

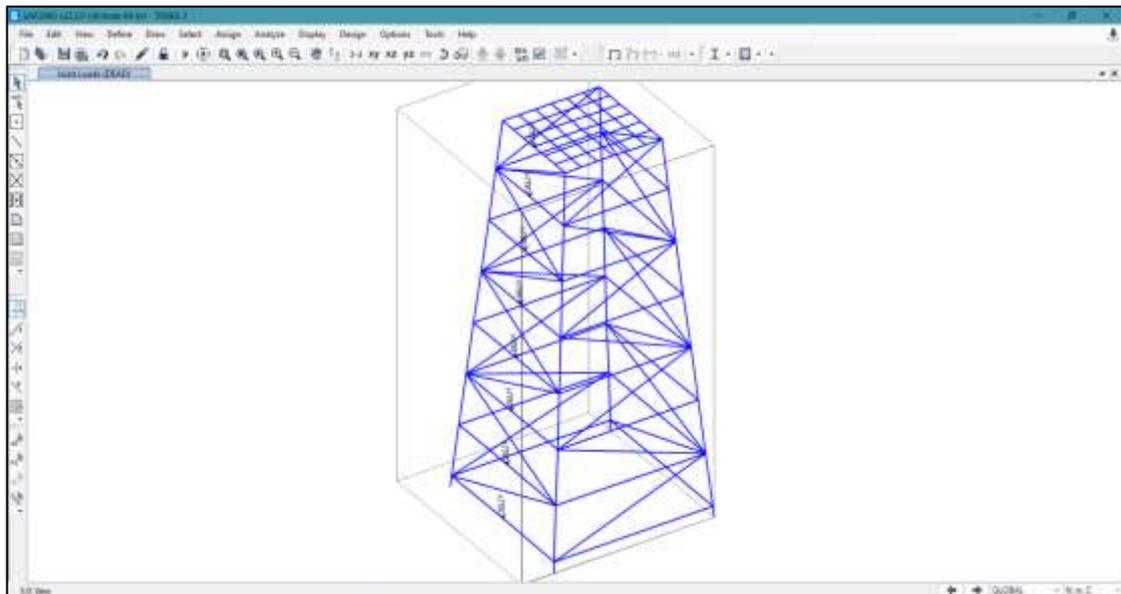


Ilustración 26-3: Asignación de carga de la escalera de servicio en la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.2.10 Preferencias de diseño de la estructura de acero

Finalmente, previo a correr la simulación se configura las condiciones de diseño considerando el código de diseño AISC 360-10 y el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

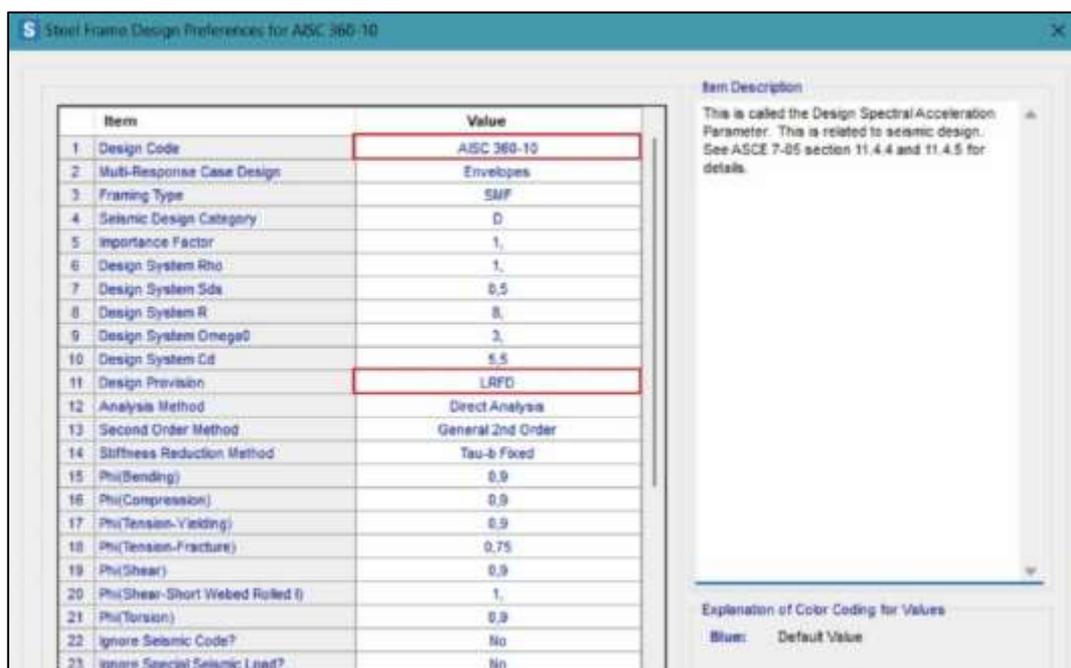


Ilustración 27-3: Preferencias de diseño de estructura de acero en SAP 2000.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Definidos todos los parámetros necesarios en SAP 2000 para la estructura de la torre, se realiza la simulación del diseño y se evalúa los resultados para su respectiva validación.

3.6.3 Validación mediante SAP 2000

Para comprobar si el diseño es funcional se evalúa la estructura de la torre por esfuerzos, deformaciones y además se comprueba el factor de seguridad o demanda capacidad de los miembros estructurales.

3.6.3.1 Determinación del esfuerzo máximo

Se exporta los datos del esfuerzo máximo (esfuerzo de trabajo) desde SAP 2000 para ser analizados en Excel y obtener su valor máximo.

3.6.3.2 Determinación del esfuerzo máximo de Von Mises

Se exporta los datos del esfuerzo de Von Mises desde SAP 2000 para ser analizados en Excel y obtener su valor máximo.

3.6.3.3 Determinación de la deformación máxima

De acuerdo con el criterio revisado en el apartado 2.3.6.2 se realiza la comprobación de la deformación máxima de la estructura de la torre para la cual se debe identificar la longitud donde esta se presenta.

$$\frac{L}{300} > \text{deformación máxima}$$

3.6.3.4 Determinación del factor de seguridad

Seely y Smith (1967: p.90), recomiendan que el esfuerzo crítico tiene que ser reducido para usarlo en el diseño dividiéndolo para un factor de seguridad designado por N (ver Ecuación 8-3), para obtener un esfuerzo de trabajo admisible es decir el máximo que se considera en el diseño para tener la seguridad de que el miembro estructural resiste a las condiciones de servicio.

$$N = \frac{\text{Esfuerzo crítico}}{\text{Esfuerzo de trabajo}} \qquad \text{Ecuación 8-3}$$

Del análisis del factor de seguridad de la estructura se hace una relación inversa, SAP 2000 muestra el factor demanda capacidad que determina la capacidad a la que está trabajando los perfiles utilizados en la estructura de la torre frente a la demanda que existe por parte de las cargas actuantes. El valor de este factor está en el rango de $0 < D/C < 1$, donde el valor tiene que estar lo más cercano a 0.9 que indicaría que los perfiles de la estructura están trabajando a una capacidad aceptable, si este valor baja quiere decir que la estructura esta sobredimensionada y dependiendo del diseñador se podría hacer un cambio de perfil si es necesario.

Ortiz (2018, p.84), considera que una capacidad aceptable al que trabajan los elementos estructurales debe estar en un rango de 0 a 95%.

Se realiza el chequeo de la estructura tanto para los perfiles cuadrados y angulares.

Los resultados del procedimiento explicado en los apartados del 3.6.3.1 al 3.6.3.4 se analizan en el capítulo 4.

3.6.4 Validación mediante ANSYS

3.6.4.1 Creación de la geometría y perfiles estructurales

Se arrastra al área de trabajo el módulo de *geometry* (ver Ilustración 28-3) y se importa la geometría desde el archivo .dwg del modelo alámbrico 3D creado en Auto CAD obteniendo la geometría base que posteriormente se edita mediante SpaceClaim para luego crear los perfiles especificados en la Tabla 31-3 mediante la opción *profiles* y luego editando las dimensiones de cada uno de ellos en el árbol de trabajo en la carpeta *beam profiles* como se muestra en la Ilustración 29-3, Ilustración 30-3 e Ilustración 31-3.

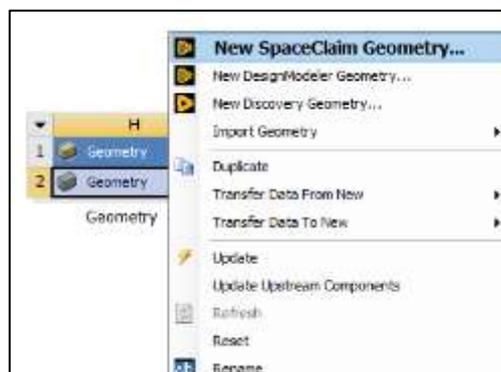


Ilustración 28-3: Importación de geometría

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

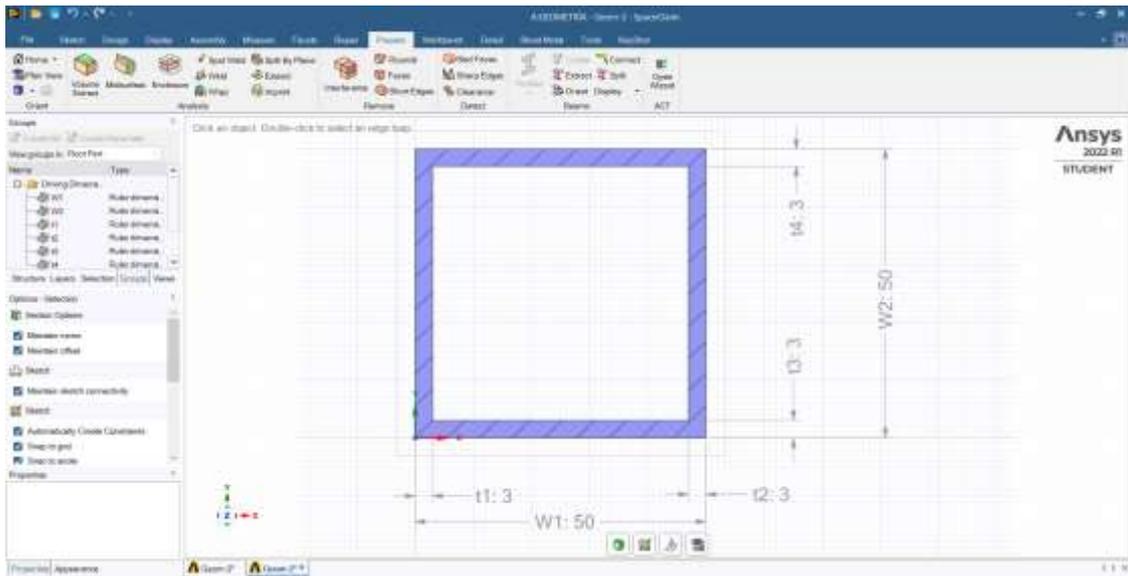


Ilustración 29-3: Dimensiones del perfil cuadrado 50 x 3 [mm]

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

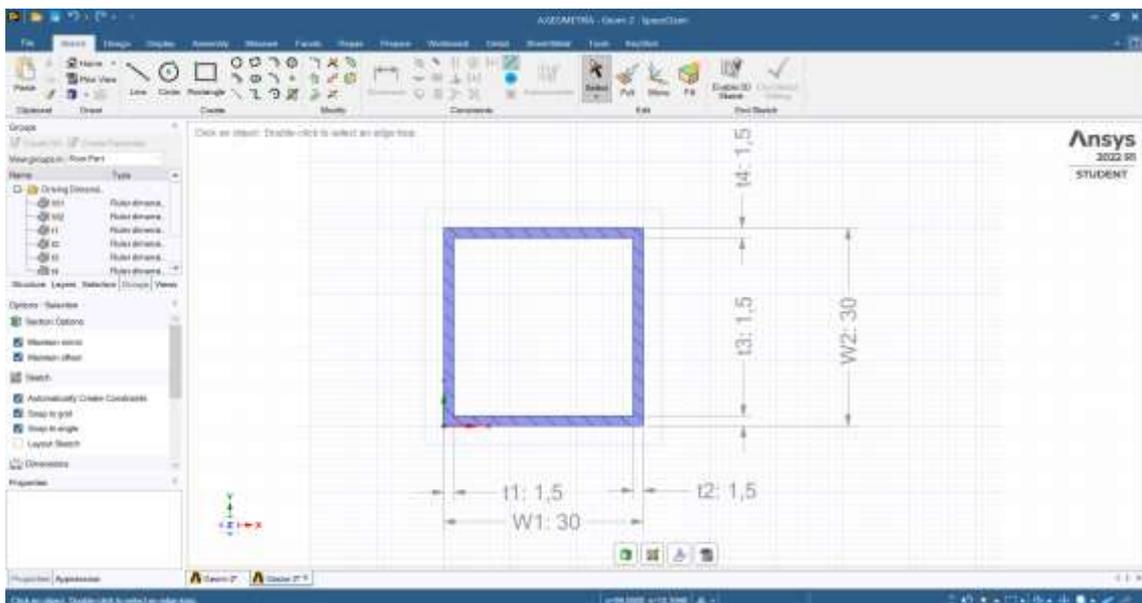


Ilustración 30-3: Dimensiones del perfil cuadrado 30 x 1,5 [mm]

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

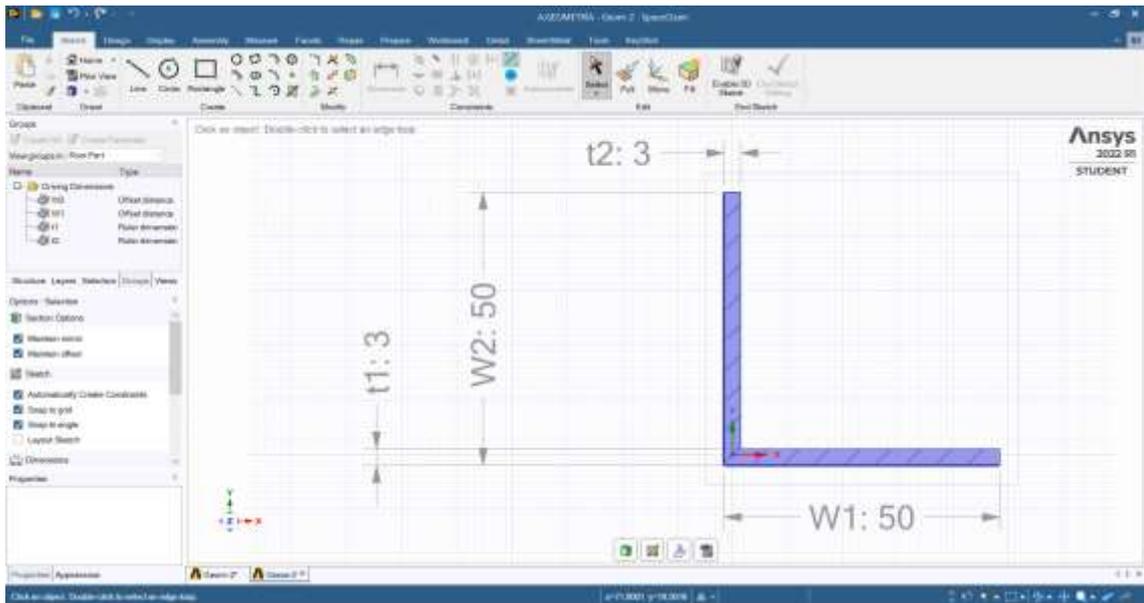


Ilustración 31-3: Dimensiones del ángulo 50 [mm] x 1/8 [in]

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Una vez creado los perfiles se configuran como tipo *beam*, luego se procede a asignar cada uno según la Ilustración 16-3 en el modelo alámbrico como se observa en la Ilustración 32-3.

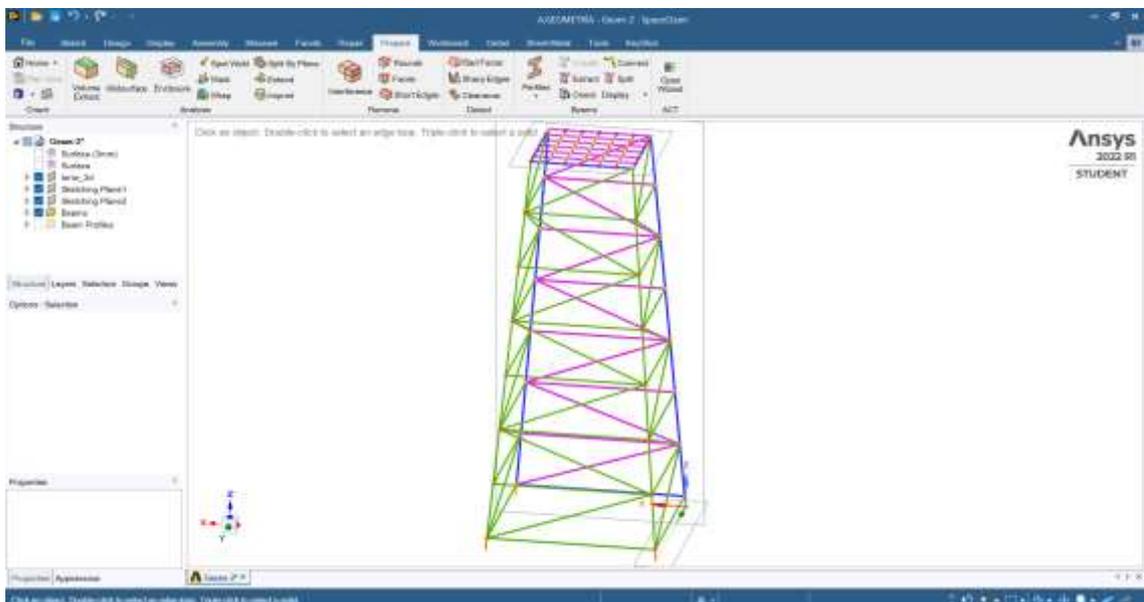


Ilustración 32-3: Modelo de la torre en SpaceClaim

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Es necesario aclarar que al usar elementos tipo *beam* el error en la malla es despreciable por lo cual no es necesario tratar dichos elementos.

3.6.4.2 Configuración de materiales

Dentro del módulo *static structural* (Ilustración 33-3) en *engineering data* se configura las propiedades mecánicas del material ASTM A36 y ASTM A500 como se observa en la Ilustración 34-3.

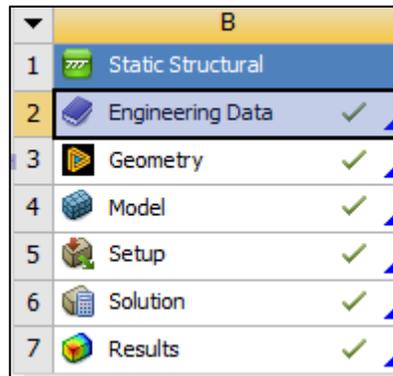


Ilustración 33-3: Módulo *static structural*

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Outline of Schematic (B1, C1, D1, E1): Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source:		Description
2	Materials				
3	A36		C:\		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-130.1
4	A500		C:\		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-130.1
4	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 3: A36					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7849	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Strain Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	2.482E+08	Pa		
25	Compressive Yield Strength	2.482E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	3.999E+08	Pa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Ilustración 34-3: Propiedades mecánicas de los materiales ASTM A36 Y A500

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.3 Asignación de materiales

En este apartado se procede a editar mediante *mechanical* el *model*, el procedimiento descrito a continuación se refiere al *outline* que contiene todas las operaciones necesarias que se van agregando para obtener los resultados adecuados de la simulación de la estructura de la torre.

En el *outline* se asigna los materiales configurados en el apartado 3.6.4.2 a cada perfil de acuerdo con la Tabla 31-3 en la sección de *geometry* como se muestra en Ilustración 35-3.

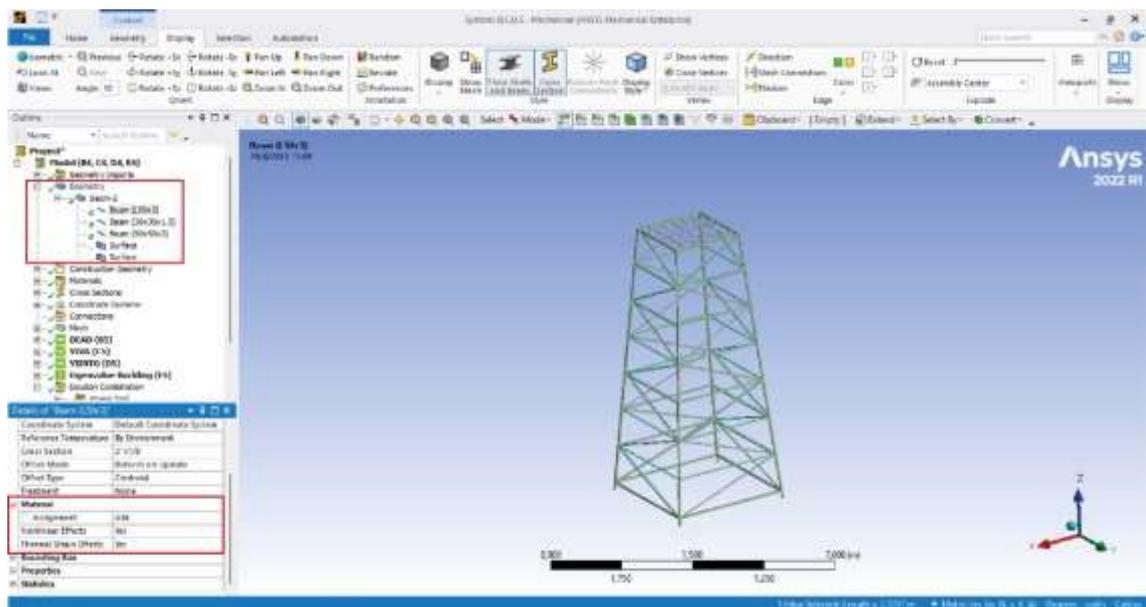


Ilustración 35-3: Asignación de materiales a los perfiles de la estructura

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.4 Asignación de restricciones

Para las restricciones se considera que las cuatro bases de la torre están ancladas mediante placas base fijadas con pernos por lo cual se asigna una restricción de empotramiento para lo cual se aplica *fixed support* como se muestra en la Ilustración 36-3.

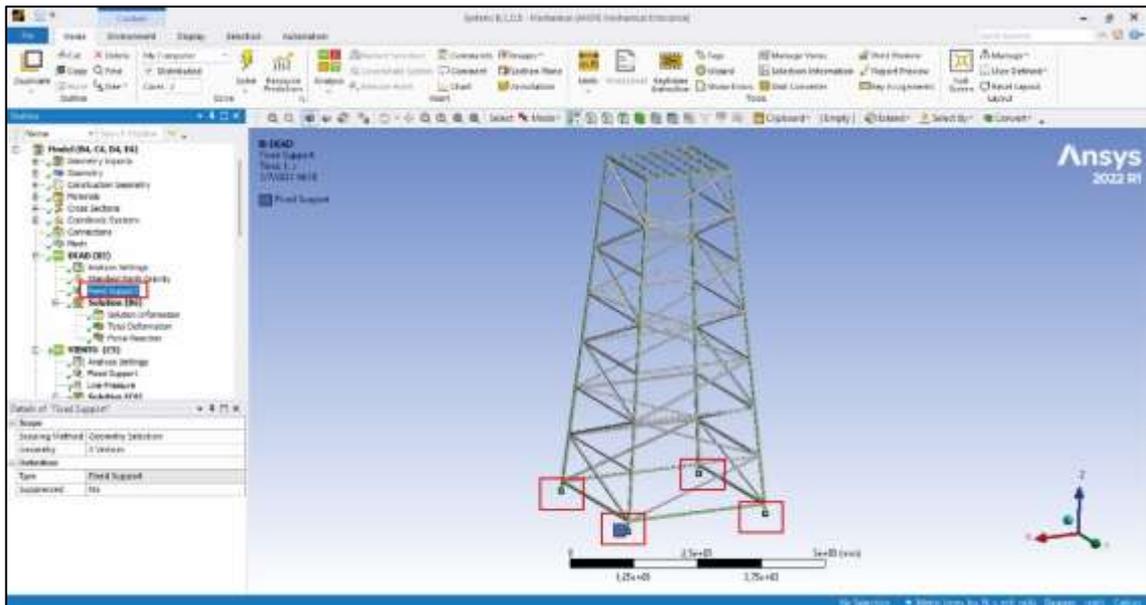


Ilustración 36-3: Asignación de restricciones en los anclajes de la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Para la asignación de cargas primero se crea los módulos de *static structural* para la carga muerta (*dead*), viva y de viento por separado, además se ingresa el módulo de *Modal* y *Response spectrum* para considerar la influencia del sismo en la estructura como se muestra en la Ilustración 37-3.

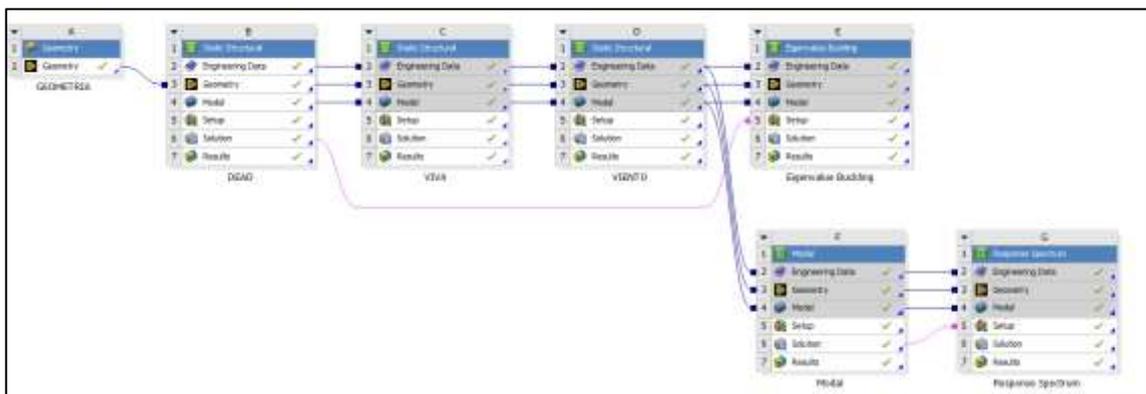


Ilustración 37-3: Módulos para cada tipo de carga

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.5 Asignación de carga muerta

Para considerar la carga muerta de la estructura se aplica *Standard earth gravity* a la estructura en el módulo de carga muerta.

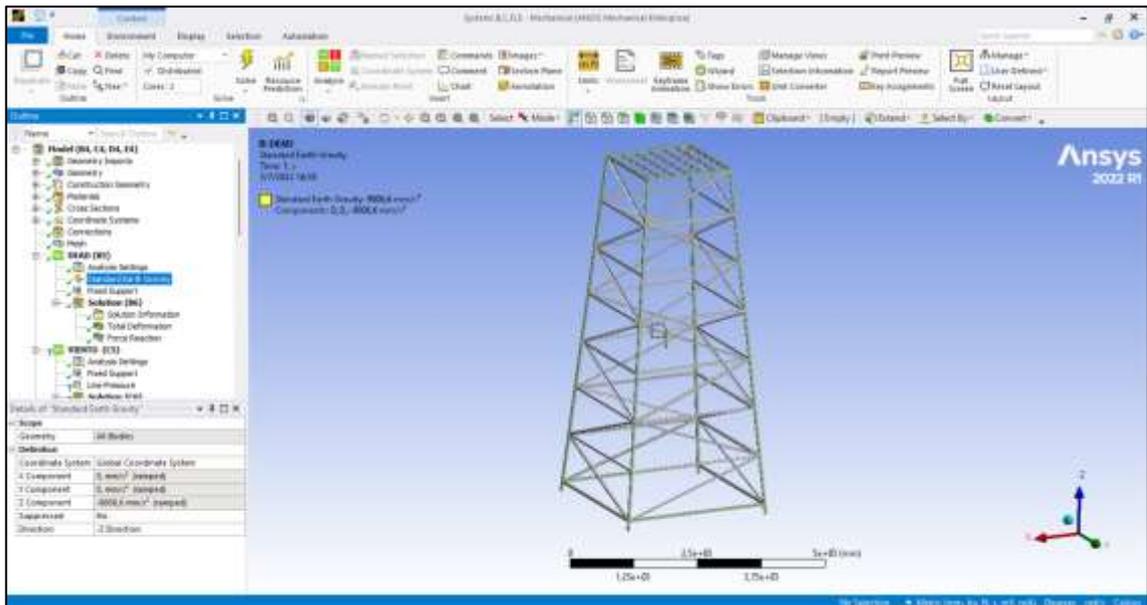


Ilustración 38-3: Asignación de carga muerta

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.6 Asignación de carga viva

Se aplica la carga puntual de 9781 [N] en dirección de la gravedad la cual se indica en el apartado 3.6.1.3, dividiendo esta para el numero de nodos como se muestra en la Ilustración 39-3.

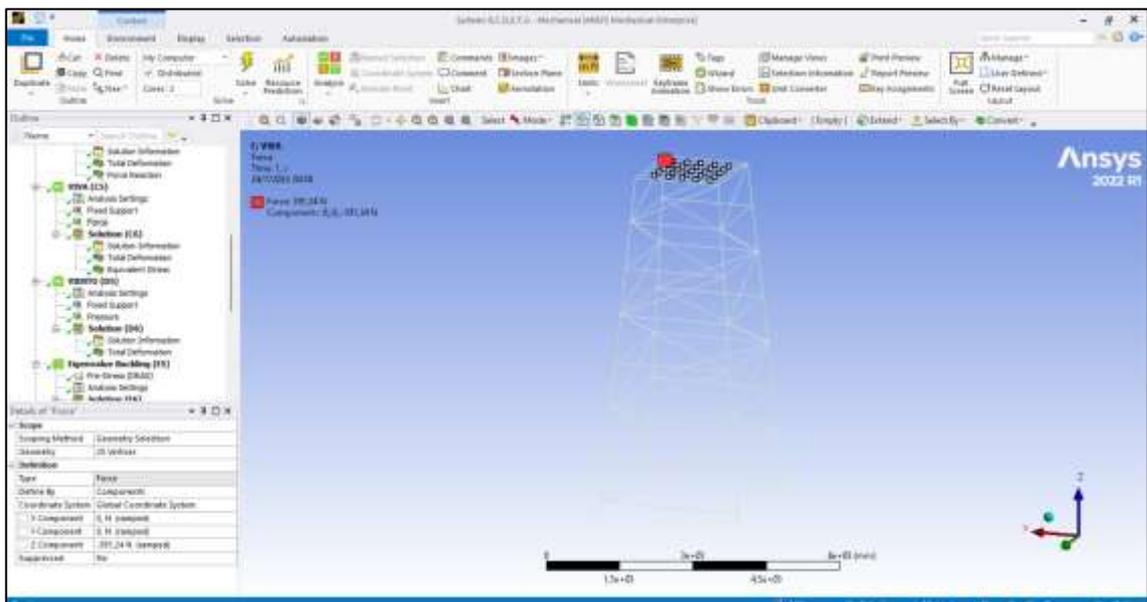


Ilustración 39-3: Asignación de carga viva en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.7 Asignación de la carga de viento

Para la carga de viento, primero se crea una superficie en una de las caras de la estructura siendo este modelo alejado de la realidad ya que el viento atravesaría la estructura de la torre, pero se justifica considerando la acción del viento en el tanque de almacenamiento que está en la parte superior de la estructura.

El valor de la carga de viento calculada en el apartado 3.6.1.4 de 590,625 [Pa] se configura como se muestra en la Ilustración 40-3.

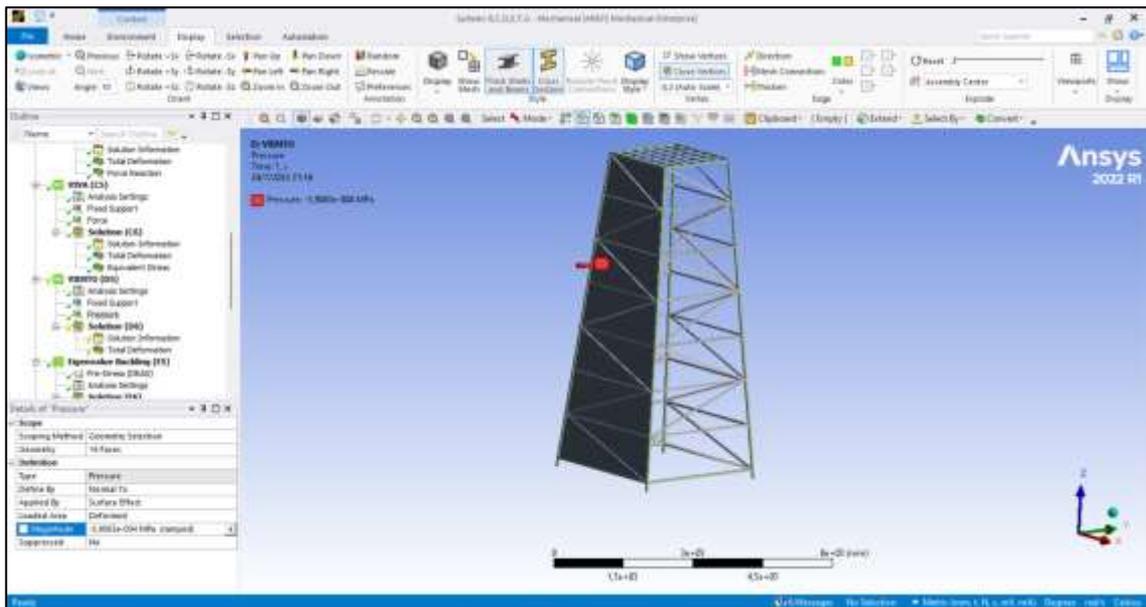


Ilustración 40-3: Asignación de carga de viento en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.8 Configuración de la carga de sismo

Para considerar la carga de sismo primero se debe insertar y configurar el módulo *modal* como se muestra en la Ilustración 41-3.

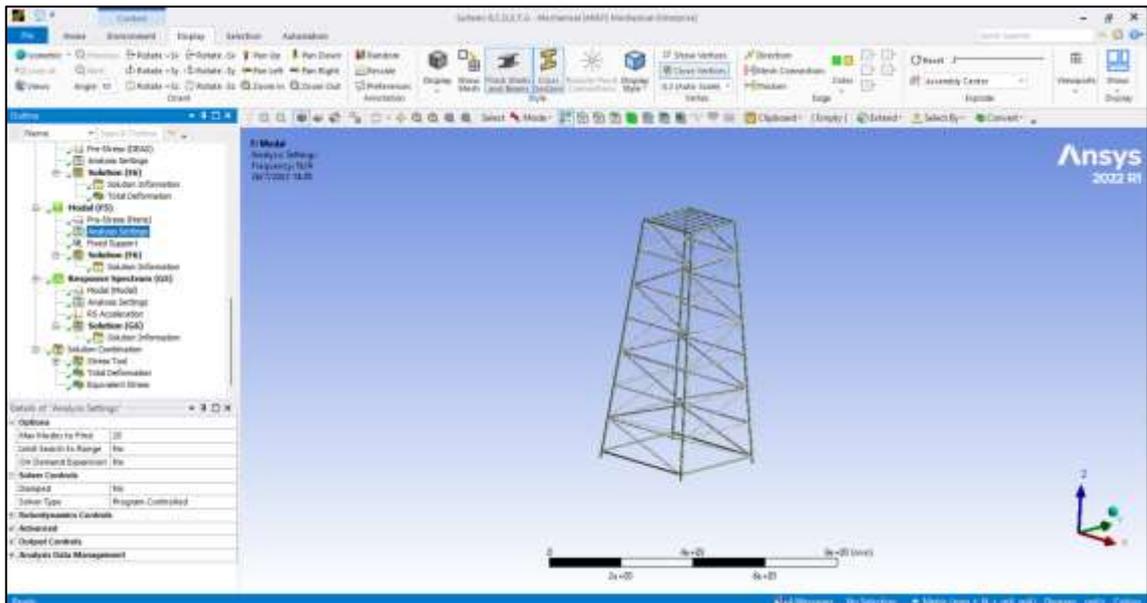


Ilustración 41-3: Configuración del módulo *modal*

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Posteriormente se configura el módulo *response spectrum* tomando en cuenta los valores de aceleración sísmica y frecuencia de la Tabla 30-3, que permite evaluar el comportamiento del suelo y sus efectos en la estructura de la torre.

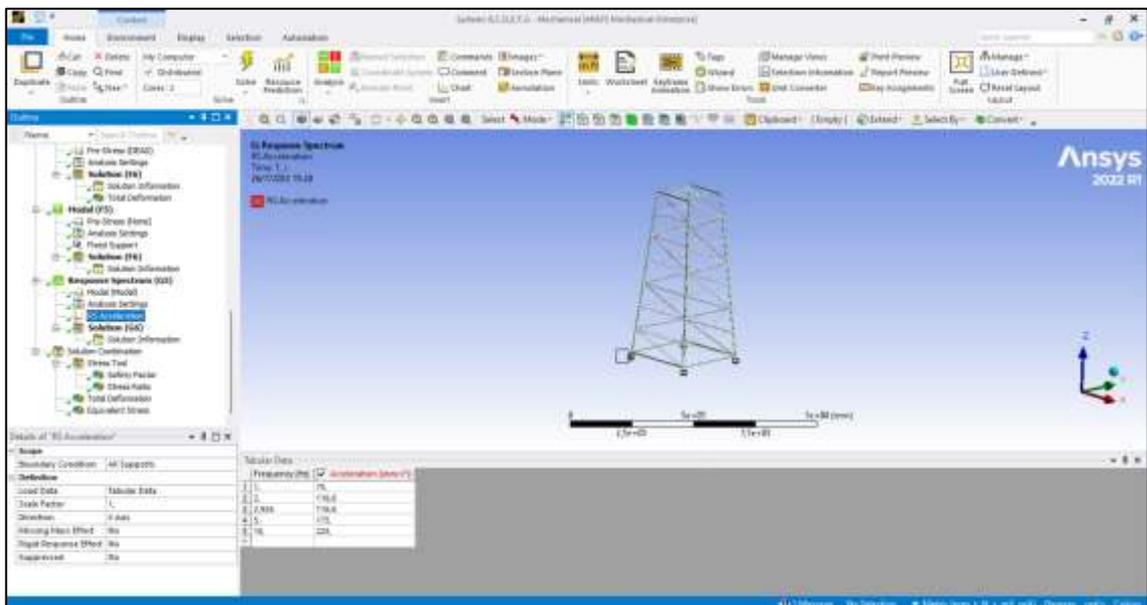


Ilustración 42-3: Configuración del módulo *response spectrum*

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.4.9 Combinaciones de carga y solución del sistema

Para obtener las soluciones más adecuadas se debe configurar las combinaciones de carga establecidas en el apartado 2.3.4. en la Tabla 5-2 como se muestra en la Ilustración 43-3.

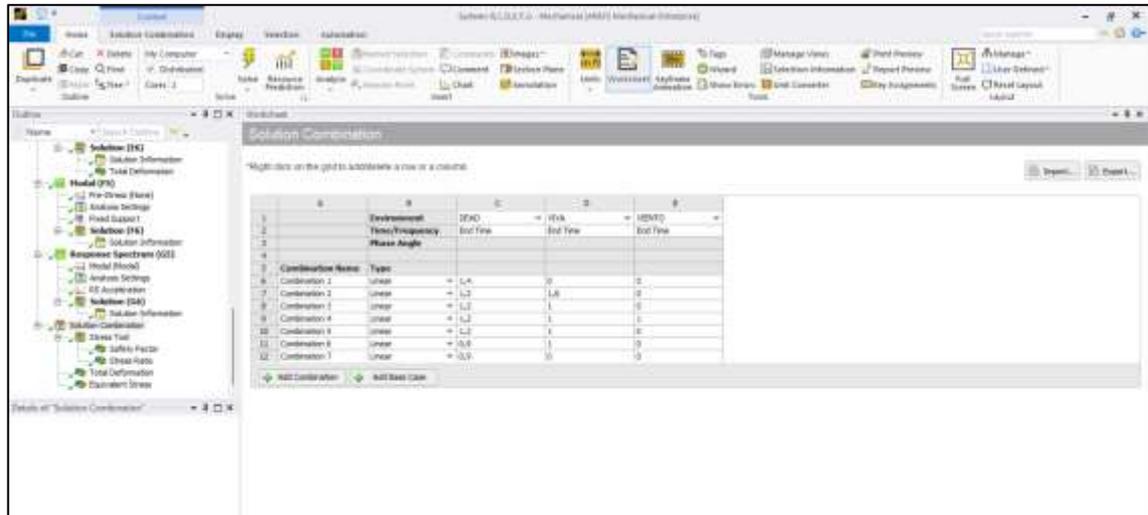


Ilustración 43-3: Asignación de carga de viento en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En cuanto a las soluciones de la estructura de la torre una vez ingresados y configurados todos los parámetros requeridos por el software se inserta cuatro soluciones fundamentales como son *safety factor*, *stress ratio*, *total deformation* y *equivalent stress* (Von Mises) y dichos resultados se analizan en el capítulo 4.

3.6.5 Diseño de zapatas aisladas

El diseño de la zapata se realiza mediante un software especializado, utilizando las cargas cortantes, axiales y momentos más críticos encontrados mediante SAP 2000 en los empotramientos de las bases de la torre para cada tipo de carga como se muestra en la Ilustración 44-3 y la Tabla 32-3.

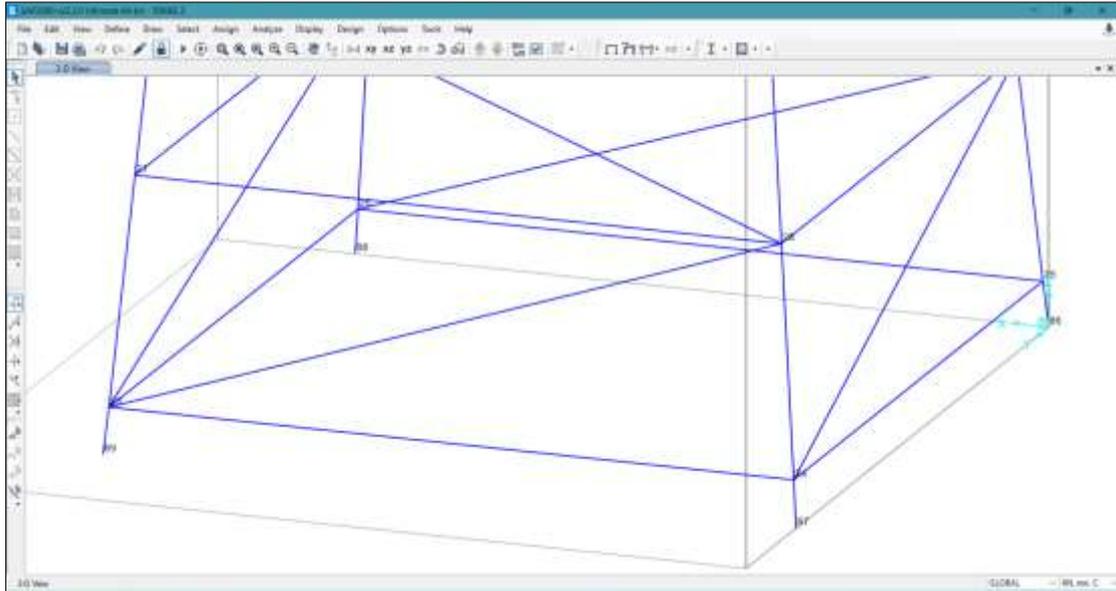


Ilustración 44-3: Número de *joints* en las bases de la estructura en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Tabla 32-3: Reacciones y momentos máximos en los empotramientos de la torre en SAP 2000

Junta	Caso	V ₂ [kip]	V ₃ [kip]	Axial [kip]	M ₃₃ [kip-ft]	M ₂₂ [kip-ft]
88	DEAD	-0,064	0,076	0,375	-0,0128	0,0016
87	VIENTO	0,158	-0,167	1,795	-0,0118	0,0014
87	VIVA	0,189	-0,168	1,827	-0,0127	0,0127

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.1 Configuración de las propiedades generales

Se configura las siguientes propiedades siendo las mas importantes el código de diseño y el tipo de fundación como se muestra en la Ilustración 45-3.

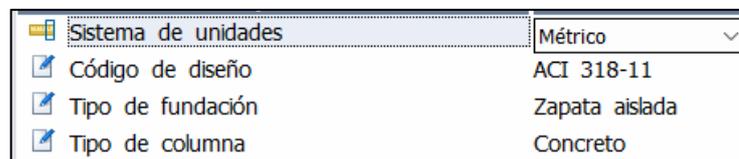


Ilustración 45-3: Propiedades generales del diseño

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.2 Configuración de la geometría

Como parte de la metodología en el software se ingresa las dimensiones preliminares de la zapata como se muestra en la Ilustración 46-3, se considera el criterio del módulo de geotecnia y

cimentaciones proporcionado por el (MIDUVI, 2014,p.40), que clasifica dentro de su sección 6.1.2. a las cimentaciones por la siguiente relación:

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 \text{ cimentación superficial}$$

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 \text{ cimentación profunda}$$

Donde:

D_f : profundidad de desplante

B : Ancho de la cimentación

Mediante este criterio en la sección 7.1. se hace referencia a las zapatas aisladas que pertenecen a una cimentación superficial (MIDUVI, 2014,p.48). La longitud de la zapata debe ser mayor o igual que su ancho.

Datos Zapata	
<input checked="" type="checkbox"/> Material	Concrete
<input checked="" type="checkbox"/> Profundidad de la base (Df)	1 m
<input checked="" type="checkbox"/> Ancho (Z)	1 m
<input checked="" type="checkbox"/> Longitud (X)	1 m
<input checked="" type="checkbox"/> Altura de la base	32 cm

Ilustración 46-3: Configuración de la geometría de la zapata

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Asimismo, se configura la ubicación y dimensiones de la columna como se muestra en Ilustración 47-3, considerando que el diámetro adecuado de las varillas corrugadas de material ASTM A36 se seleccionan del catálogo de (DIPAC, 2020, p. 12) (ver anexo D).



Ilustración 47-3: Configuración de la geometría de la zapata

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.3 Configuración de las propiedades del suelo

Este proyecto se realiza en la Parroquia Alluriquín perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas es necesario tener los datos de estudios de suelo similares es por eso que se toma como referencia el estudio de los autores (Garcia y Schlatter, 2012), en su artículo denominado “Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador” donde proporcionan los datos de suelo de la Parroquia Manual Cornejo Astorga, perteneciente a la Provincia de Pichicha, en la Tabla 33-3 se presenta a manera de resumen los mas importantes.

Tabla 33-3: Características del suelo

Característica	Datos
Altitud	1500 [msnm]
Humedad relativa	88 %
Textura del suelo y profundidad	Arena gruesa rica en pumicita en un 25% -profundidad 84-120 [cm]; Franco arenoso -profundidad 120-133 [cm]
Densidad	1,75 [g/cm^3]
Coefficiente de balasto	30890,95 [KN/m^3]

Fuente: Garcia y Schlatter, 2012

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Con los datos de suelo se calcula las cargas solicitadas por el software, las cuales se muestran en la Ilustración 48-3.

<input checked="" type="checkbox"/>	Calcular capacidad portante	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Presión admisible del terreno	147.1 KN/m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	Peso unitario (húmedo)	17.16 KN/m ³
<input checked="" type="checkbox"/>	Peso unitario saturado	22.06 KN/m ³
<input checked="" type="checkbox"/>	Coefficiente de balasto	30890.95 KN/m ³
<input checked="" type="checkbox"/>	Cohesión	0 KN/m ³
<input checked="" type="checkbox"/>	Ángulo de fricción interna	30
<input checked="" type="checkbox"/>	Inclinación del terreno	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Profundidad del nivel freático	30 m
<input checked="" type="checkbox"/>	Coefficiente de presión lateral (Ku)	1.24

Ilustración 48-3: Propiedades del suelo

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.4 Configuración de cargas y combinaciones

Se ingresa la carga axial, fuerzas cortantes y momentos flectores para cada tipo de carga tomando dichos valores de la Tabla 32-3, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 34-3: Cargas en la junta columna-placa base

Nro	Condición	Axiales	Mxx	Mzz	Vx	Vz
1	CM	1.668074	-0.017354	0.002169	-0.284685	0.338063
2	W	7.984516	-0.015999	0.001898	0.702815	-0.742849
3	LL	8.126858	-0.017219	0.017219	0.840709	-0.747297

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En este diseño también se trabaja con el código de diseño AISC-10 LRFD y las combinaciones de carga especificadas en la Tabla 5-2.

Tabla 35-3: Combinaciones de carga en la junta columna-placa base

Nro	ID	CM	LL	W	E	Tipo
1	D1	1.4	0	0	0	Diseño
2	D2	1.2	1.6	0	0	Diseño
3	D3	1.2	0	0.5	0	Diseño
4	D4	1.2	1	1	0	Diseño
5	D5	1.2	1	0	1	Diseño
6	D6	0.9	0	1	0	Diseño
7	D7	0.9	0	0	1	Diseño

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.5 Configuraciones adicionales

Para finalizar con el diseño de la zapata se debe hacer consideraciones adicionales para los siguientes elementos:

- Concreto

Se configura el recubrimiento de libre de concreto en las zapata y columnas, así mismo se establece el tamaño máximo de agregado de acuerdo con el apartado 3.3.1.3 del estándar (Standard British, 1997, p. 18), el cual establece que el tamaño máximo de los agregados gruesos normalmente no debe ser mayor que un cuarto del espesor mínimo de la sección de concreto. Para la mayoría de los trabajos es recomendable 20 [mm], pero se puede considerar el uso de 14 o 10 [mm] en secciones o elementos delgados.

• Tipo de concreto	Normal
• Recubrimiento libre (zapata)	8 cm
• Recubrimiento libre (columna)	2.5 cm
• Tamaño máximo de agregado	2 cm
• B _d Relación para el cálculo de los momentos magnificados en columnas	0.6

Ilustración 49-3: Características del concreto en la zapata

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

- Refuerzo de hormigón

Se utiliza el estándar ASTM para la selección de los diámetros de la varilla por facilidad. Se limita la magnitud del refuerzo en vigas no-presforzadas, además la cantidad de refuerzo en tensión está restringida a 0.75 del refuerzo para producir un estado de deformaciones balanceadas.

• Serie de barras	ASTM estándar
• Recubrimiento epóxico	No Recubierto
• Relación máxima entre cuantía de flexión y cuantía de balanceo	0.75
• Redondear longitud de barras a	2 cm
• Redondear separación a	1 cm

Ilustración 50-3: Características del refuerzo de hormigón

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.6 Verificación y generación de reporte de resultados

Para obtener el diseño final primero se debe verificar y luego generar el reporte con los resultados que proporciona el software especializado que se utiliza para todo el procedimiento (ver Ilustración 51-3).



Ilustración 51-3: Verificación y generación de reporte

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.5.7 Obtención de las dimensiones

Las dimensiones de la zapata aislada se muestran a manera de resumen en la Tabla 36-3.

Tabla 36-3: Dimensiones principales de la zapata aislada

Elemento	Denominación	Dimensiones	Material	Cantidad	Observaciones
Varillas para Columnas	Base columna	Ø 1/2 [in] x 1300 [mm]	ASTM A 706	16	Corresponde a las varillas de anclaje en el diseño de la placa base
	Estribos	Ø 8 x 800 [mm]	ASTM A 706	24	-
Columna	Dimensiones	280 x 280 x 700 [mm]	Concreto	4	Encofrado de 280 x 280 x 700 [mm]
Varillas para plinto	Armadura superior	Ø 1/2 [in] x 1200 [mm]	ASTM A 706	24	Longitudinal
	Armadura inferior	Ø 1/2 [in] x 1200 [mm]	ASTM A 706	24	Transversal
Plinto	Dimensiones	1000 x 1000 x 300 [mm]	Concreto Ciclópeo	4	El agujero para el plinto es de 1000 x 1000 x 1000 [mm]

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.6 Diseño de placas base de columna

Se diseña la placa base de columna mediante un software especializado, utilizando las reacciones y momentos más críticos de la Tabla 32-3.

3.6.6.1 Configuración de los datos de la junta

Primero se modifica los datos de la junta columna-placa base como se muestra en la Ilustración 52-3.

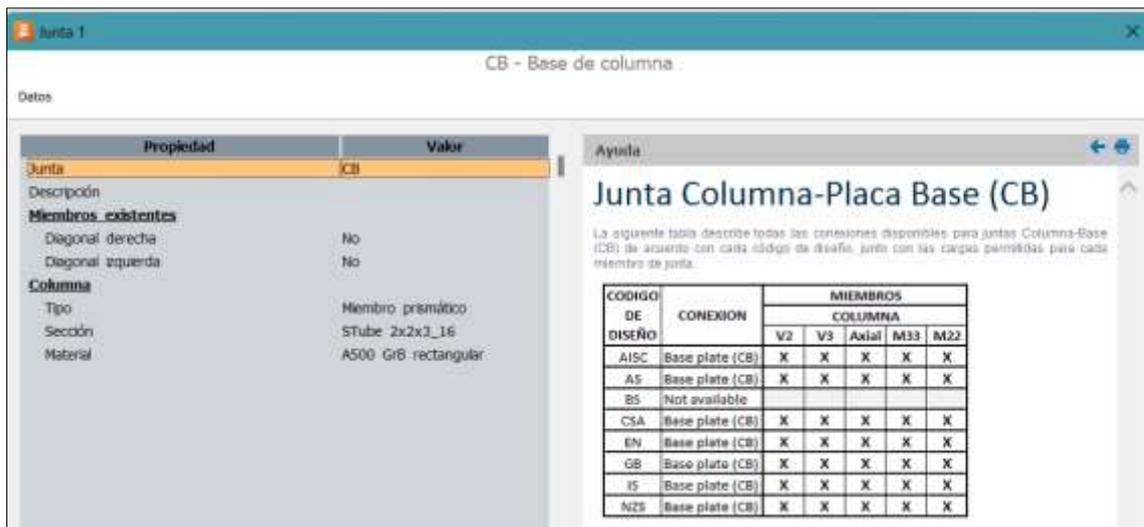


Ilustración 52-3: Datos de la junta

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

La columna es de acero de perfil cuadrado como se especifica en la Tabla 31-3.

3.6.6.2 Configuración de las cargas

Luego se ingresa la carga axial, fuerzas cortantes y momentos flectores para cada tipo de carga tomando dichos valores de la Tabla 32-3, como se muestra en la Ilustración 37-3.

Tabla 37-3: Cargas en la junta columna-placa base

Nro	Condic	Columna				
		V2	V3	Axial	M33	M22
1	CM	-0.064	0.076	0.375	0.0016	-0.0128
2	LL	0.189	-0.168	1.827	0.0127	-0.0127
3	W	0.158	-0.167	1.795	0.0014	-0.0118

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.6.3 Generación de combinaciones de carga

Además, se ingresa las combinaciones de carga especificadas en la Tabla 5-2.

Tabla 38-3: Combinaciones de carga en la junta columna-placa base

Nro	ID	CM	LL	W	E	Tipo
1	D1	1.4	0	0	0	Diseño
2	D2	1.2	1.6	0	0	Diseño
3	D3	1.2	0	0.5	0	Diseño
4	D4	1.2	1	1	0	Diseño
5	D5	1.2	1	0	1	Diseño
6	D6	0.9	0	1	0	Diseño
7	D7	0.9	0	0	1	Diseño

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.6.4 Configuración de diseño para conexiones

En este diseño también se considera el código de diseño AISC y las previsiones sísmicas tomando en cuenta la Tabla 26-3, como se observa en la Ilustración 53-3.

Configuración de diseño para conexiones

Código de diseño: AISC-10 LRFD

Parámetros de diseño

Límite de relación máxima de esfuerzo: 1

Anexos nacionales: Configuración

Parámetros de diseño sísmico

Considerar provisiones sísmicas

Categoría sísmica: D

Ilustración 53-3: Configuración de diseño para conexiones

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.6.5 Configuración de los parámetros de diseño

Posteriormente se edita el diseño de la junta para configurar los datos generales, en la pestaña de criterios de diseño es importante recalcar que se está usando el código de diseño para acero AISC

360-10 y el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), además el código de diseño para concreto ACI 318-11, como se indica en la Ilustración 54-3.

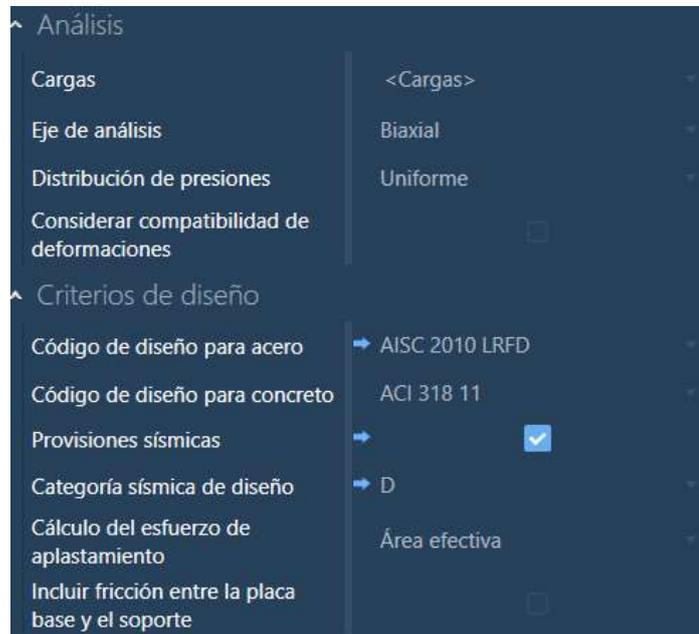


Ilustración 54-3: Datos generales de análisis y criterios de diseño

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Así mismo se configura la placa base, el soporte de concreto y varilla de anclaje como se indica en la Ilustración 55-3, Ilustración 56-3 e Ilustración 57-3:

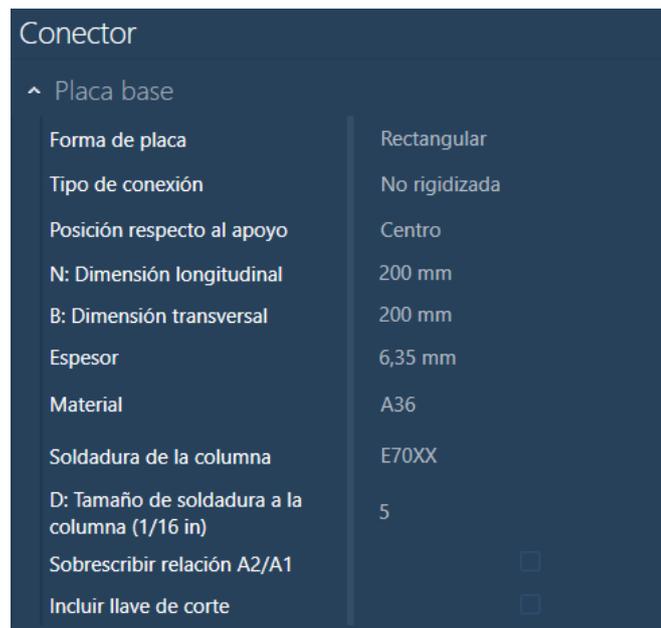
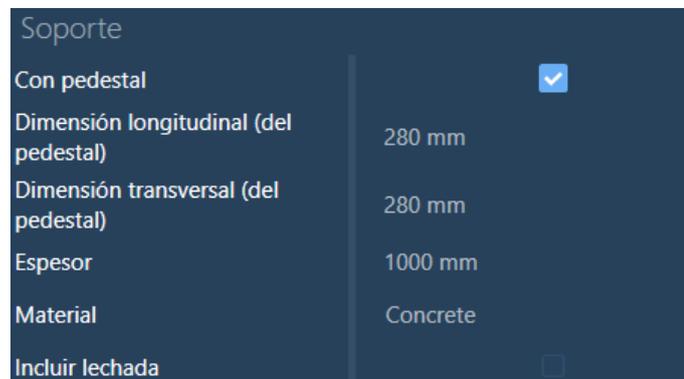


Ilustración 55-3: Configuración de la placa base

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

El material para la placa base es acero ASTM A36 según el catálogo de (DIPAC, 2015, p. 12).



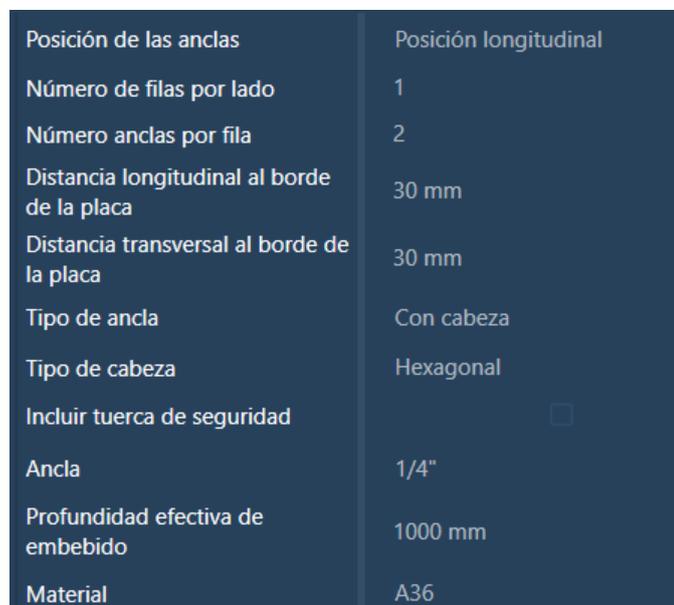
Soporte	
Con pedestal	<input checked="" type="checkbox"/>
Dimensión longitudinal (del pedestal)	280 mm
Dimensión transversal (del pedestal)	280 mm
Espesor	1000 mm
Material	Concrete
Incluir lechada	<input type="checkbox"/>

Ilustración 56-3: Configuración de soporte de concreto

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Las dimensiones del soporte de concreto tienen relación con las columnas que se conectan al plinto las cuales son de 28 x 28 [cm] una vez realizada la fundición.

El espesor de la placa de acero de material ASTM A36 se seleccionan en el catálogo de (DIPAC, 2015, p. 16) (ver anexo E).



Posición de las anclas	Posición longitudinal
Número de filas por lado	1
Número anclas por fila	2
Distancia longitudinal al borde de la placa	30 mm
Distancia transversal al borde de la placa	30 mm
Tipo de ancla	Con cabeza
Tipo de cabeza	Hexagonal
Incluir tuerca de seguridad	<input type="checkbox"/>
Ancla	1/4"
Profundidad efectiva de embebido	1000 mm
Material	A36

Ilustración 57-3: Configuración de varilla de anclaje

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

El diámetro de las varillas corrugadas de anclaje se escoge de acuerdo con el apartado 3.6.5, las mallas que serán usadas para las columnas que conectan al plinto.

3.6.6.6 Generación del reporte de resultados

Finalmente se genera el reporte de los resultados que proporciona el software especializado que se utiliza para todo el procedimiento (ver Ilustración 58-3).

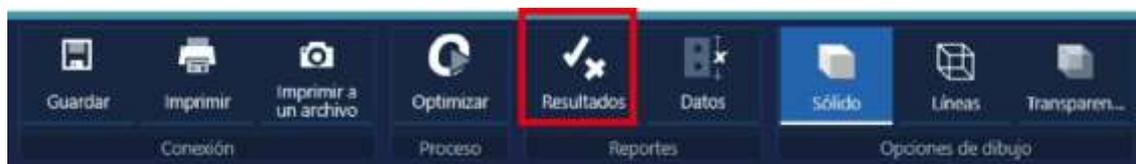


Ilustración 58-3: Generación de resultados.

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.6.6.7 Obtención de las dimensiones

Se detalla las dimensiones de la placa base en la Tabla 39-3.

Tabla 39-3: Dimensiones principales de la placa base

Denominación	Dimensiones	Material	Cantidad	Observaciones
Placa base	PL 20x20 [mm] x 1/4 [in]	ASTM A36	4	Perforaciones a 30 [mm] desde el extremo
Varilla de anclaje(corrugada)	Ø 1/2 [in] x 1 [m]	ASTM A706	16	La longitud tiene relación con el apartado 3.6.5 (Tabla 36-3)
Tuercas	Ø 1/2 [in]	SAE 1010	32	Para base y sujeción de placa base
Arandelas	Ø 1/2 [in]	SAE 1010	32	Para base y sujeción de placa base

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7 Diseño de detalle

En este apartado se lleva a cabo la implementación del sistema de almacenamiento de agua para lo cual se explica el procedimiento y se desarrolla los planos ingenieriles para realizar la construcción de la torre de soporte y la instalación del sistema de agua por gravedad.

3.7.1 Construcción de la torre de soporte

3.7.1.1 Materiales

En la Tabla 40-3 se presenta los materiales y la cantidad necesaria para la construcción de la torre en campo.

Los materiales y dimensiones de la escalera de servicio y pasamanos se dejan a criterio del diseñador ya que su configuración pueda cambiar de acuerdo con la necesidad y las cuales se especificarán posteriormente en los planos de construcción.

Tabla 40-3: Lista de materiales

Elemento	Denominación	Material	Cantidad	Observaciones	
Zapata	Varillas de 1/2 [in]	ASTM A 706	2	Detalle en apartado 3.6.5-Cada varilla tiene 12 [m]	
	Varillas de 8 [mm]	ASTM A 706	1 1/2	Detalle en apartado 3.6.5 - Cada varilla tiene 12 [m]	
	Concreto	Cemento		10	Cada saco de cemento pesa 50 kg
		Arena		10	Se mide por carretillas
		Ripio		10	Se mide por carretillas
		Agua		200 [L]	-
Rollos de Alambre	-	5	Cada rollo de alambre tiene un peso de 1 [lb]		
Placa base	PL 200x200 [mm] x 1/4 [in]	ASTM A 36	4	Detalle en apartado 3.6.6	
Torre	Perfil Cuadrado 2 [in] x 3 [mm]	ASTM A 500	8	Perfiles de 6 [m]	
	Perfil Cuadrado 1 1/4 [in] x 1,5 [mm]	ASTM A 500	3	Perfiles de 6 [m]	
	Perfil Angular 2 [in] x 1/8 [in]	ASTM A 36	23	Perfiles de 6 [m]	
Escalera	PL 2 [in] x 3 [mm]	ASTM A 36	8	Perfiles de 6 [m]	
	Perfil cuadrado 1 [in] x 1,5 [mm]	ASTM A 500	7	Perfiles de 6 [m]	

Elemento	Denominación	Material	Cantidad	Observaciones
	Perfil cuadrado 2 [in] x 3 [mm]	ASTM A 500	1	Perfiles de 6 [m]
Pasamanos	Perfil cuadrado 1 [in] x 1,5 [mm]	ASTM A 500	3	Perfiles de 6 [m]
Recubrimiento	Multiprimer gris	-	2	Galones
	Esmalte epóxico	-	2	Galones
Unión	Electrodos 6011	-	1 1/2	Cajas
Corte	Discos de corte	-	4	-
Pulido	Discos de desbaste	-	4	-

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.1.2 Instrumentos de medición

También se realiza una lista de los instrumentos que se utilizarán en campo para la construcción de la torre en campo los cuales se muestran en la **Tabla 41-3**.

Tabla 41-3: Lista de instrumentos

Instrumentos	Observación
Transportador de ángulos	-
Flexómetro	-
Goniómetro	-
Escuadra	-
Plomada	-
Nivel	-

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.1.3 Herramientas

Algunas herramientas también son indispensables para la realización de las diferentes actividades llevadas a cabo en la construcción, estas se muestran en la **Tabla 42-3**.

Tabla 42-3: Lista de herramientas

Herramientas	Observaciones
Martillo	-
Combo	-
Barra	-
Pala	-

Herramientas	Observaciones
Carretilla	-
Perro	-
Bailejo	-
Azadón	-
Tecla	3 toneladas

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.1.4 Máquinas

Finalmente, también se detalla en la Tabla 43-3, las máquinas utilizadas para el proceso de construcción.

Tabla 43-3: Lista de máquinas

Máquinas	Especificación
Amoladora	Marca DEWALT 7 in
Moto soldadora	Marca Kipor
Sierra Tronzadora	Marca DEWALT 14 in

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

En los apartados del 3.7.1.1 al 3.7.1.4 se hace un listado de materiales, instrumentos, herramientas y máquinas utilizadas para la construcción de la torre, a su vez en el apartado 3.7.2.1. se selecciona los accesorios para realizar las instalaciones hidráulicas.

A continuación, se describe el procedimiento seguido para llevar a cabo la construcción e instalación del sistema de almacenamiento de agua.

3.7.1.5 Procedimiento para la cimentación superficial

Mediante las dimensiones obtenidas del diseño de la zapata aislada y placa base de columna en los apartados 3.6.5 y 3.6.6 respectivamente se realiza los planos para la cimentación que se muestra en el anexo I, además se describe el procedimiento en el diagrama que se muestra en la Ilustración 59-3 y para de este también se muestra en el anexo F.

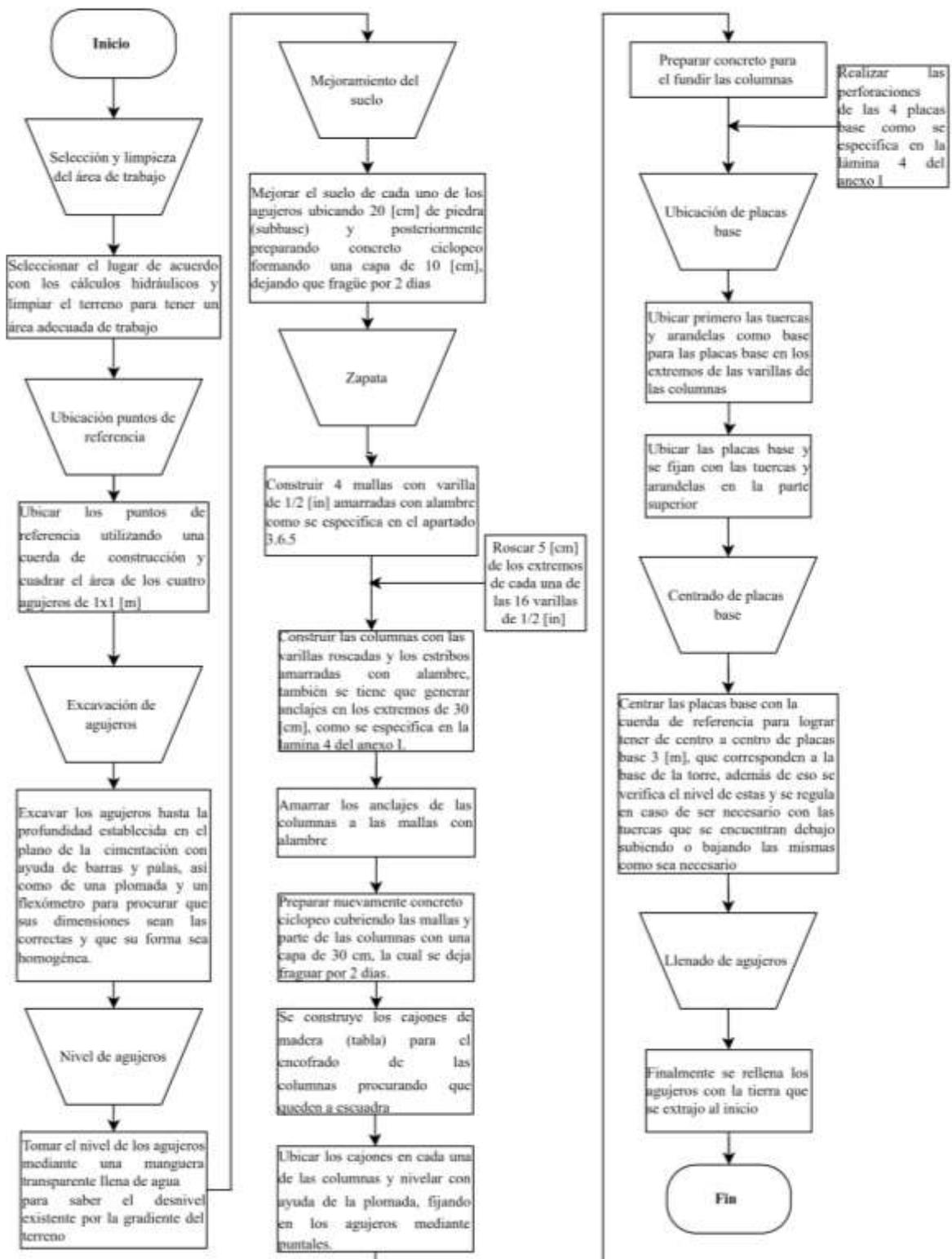


Ilustración 59-3: Procedimiento para la cimentación

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.1.6 Procedimiento para el corte de perfiles

A partir de las dimensiones obtenidas en el diseño de la torre de soporte se realizan los planos de construcción. Mediante la especificación de la lámina 3 en la hoja 2 que se muestra en el anexo I, se realiza los cortes de los perfiles mediante el procedimiento que se muestra en el diagrama de la Ilustración 60-3, parte del cual también se muestra en el anexo G.

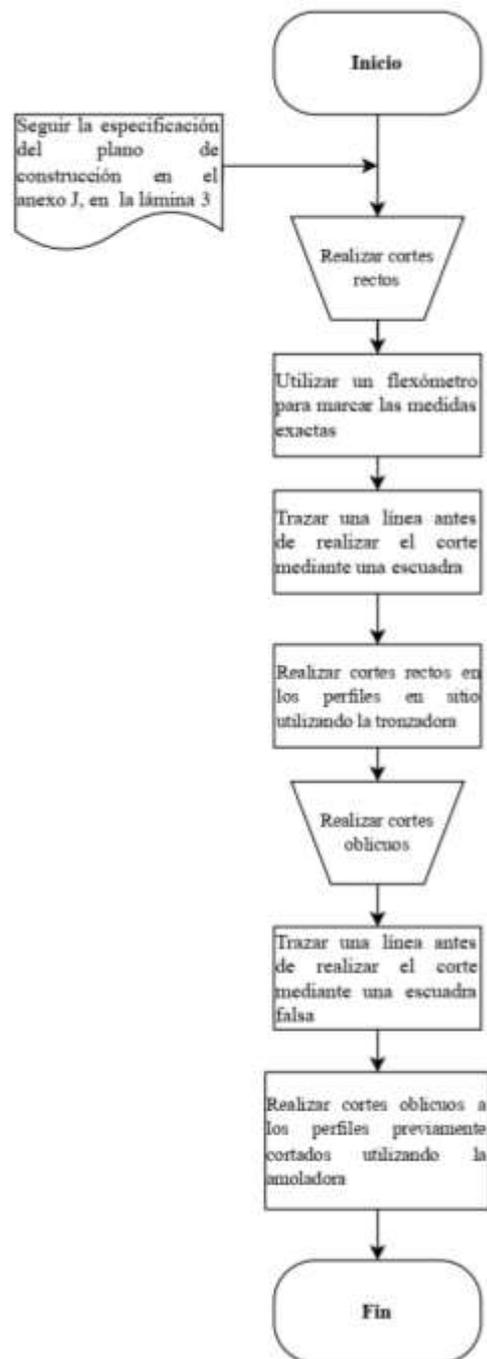


Ilustración 60-3: Procedimiento corte de perfiles

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.1.7 Procedimiento para el montaje e instalación

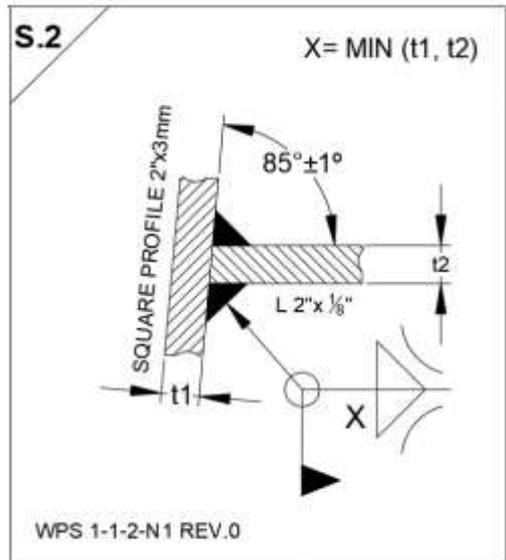
Para el montaje de la torre de soporte se leen los planos de construcción que se muestran en el anexo I en donde se muestra la especificación del procedimiento de soldadura o *Welding Procedure Specification (WPS)* el cual se detalla en la Tabla 44-3 y Tabla 45-3, el tipo de junta que se debe realizar para cada parte de que compone la estructura metálica de la torre.

Tabla 44-3: Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para la torre

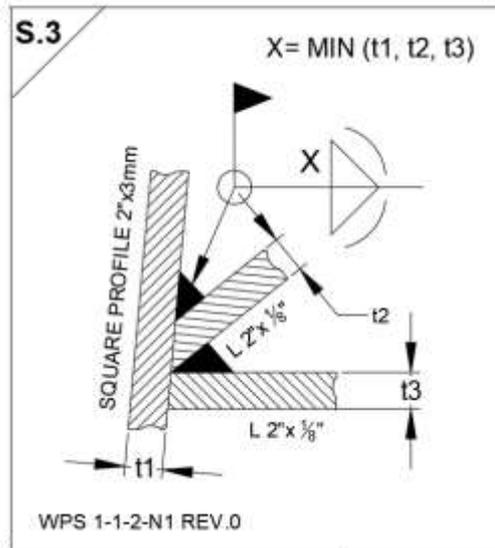
ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
AWS D1.1/D1.1 M:2015							
Nombre de la compañía: ESPOCH					Fecha: 18-07-2022		
Especificación de procedimiento de soldadura (WPS) N°: 1					Tipo: Manual		
Proceso de soldadura: SMAW							
JUNTA COLUMNA-MARCO BASE SUPERIOR-CELOSÍA BASE TANQUE							
Detalles: S.1							
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo cóncava (a filete) y Soldadura convexa a tope sobre bordes rectos							
Apertura de raíz: Si							
Placa de respaldo:	Si		No	X			
Material de respaldo (Tipo)							
Metal		Metal sin fusión	No metálico	Otro			
METAL BASE								POSICIÓN
Material:	ASTM A 500		Tipo/Grado: B		Posición de la ranura: 5G		
P-N°:1		Grupo N°2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA		
Rango de espesor: 0-50 [mm]					Otro:		
Espesor de perfil: 3 [mm]					PRECALENTADO		
Espesor máximo de pasada $\leq 3,125$ [mm]		Si	No		Temperatura de precalentado: NA.		
Otros:					Temperatura de entrapaso: NA.		
					Otro:		
METAL DE APORTE					TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)		
AWS Clasificación A5.1		E 6011			Temperatura: NA		
Grupo de metal base		I			AWS. N°. (Class): NA		

Análisis del metal de soldadura A-No.	1	Tiempo: NA						
Tamaño del electrodo	∅ 1/8 [in]	Otro: NA						
Forma del material de aporte	NA	-						
Metal de aporte suplementario	NA	-						
Clasificación de flujo de electrodo	NA	-						
Tipo de flujo	NA	-						
Nombre del flujo comercial	NA	-						
Espesor del metal de soldadura		-						
Otro:		-						
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								
Método de desbaste posterior: Rectificado								
Oscilación: NA								
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple								
Electrodos simples o múltiples: NA								
Espaciado de electrodos: NA								

JUNTA COLUMNA-CELOSÍA HORIZONTAL							
Detalles: S.2							
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo cóncava (a filete) en ambos lados							
Apertura de raíz: Si							
Placa de respaldo:		Si		No	X		
Material de respaldo (Tipo)							
Metal		Metal sin fusión		No metálico		Otro	
METAL BASE				POSICIÓN			
Material:		ASTM A 500	Tipo/Grado: B		Posición de la ranura: 5G		
		ASTM A 36	-				
P-Nº1			Grupo Nº2		Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA		
Rango de espesor: 0-50 [mm]				Otro:			
Espesor de perfil: 3 [mm]				PRECALENTADO			
Espesor máximo de pasada $\leq 3,125$ [mm]		Si	No	Temperatura de precalentado: NA			
Otros:				Temperatura de entrapado: NA.			
				Otro:			
METAL DE APORTE				TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)			
AWS Clasificación A5.1		E 6011		Temperatura: NA			
Grupo de metal base		I		Aws.Nº(Class): NA			
Análisis del metal de soldadura A-No.		1		Tiempo: NA			
Tamaño del electrodo		$\varnothing 1/8$ [in]		Otro: NA			
Forma del material de aporte		NA		-			
Metal de aporte suplementario		NA		-			
Clasificación de flujo de electrodo		NA		-			
Tipo de flujo		NA		-			
Nombre del flujo comercial		NA		-			



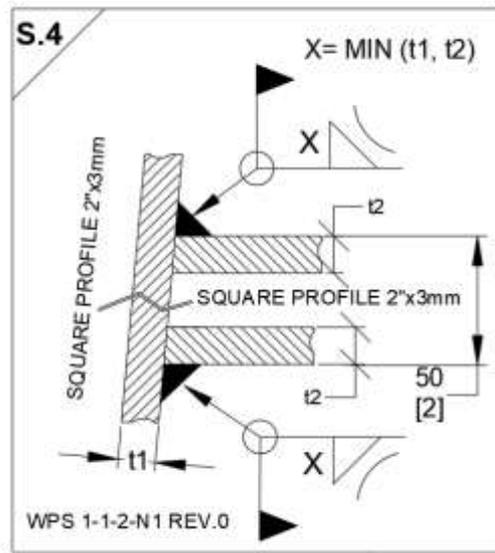
Espesor del metal de soldadura								
Otro:								
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								
Método de desbaste posterior: Rectificado								
Oscilación: NA								
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple								
Electrodos simples o múltiples: NA								
Espaciado de electrodos: NA								
JUNTA COLUMNA-CELOSÍA DIAGONAL								
Detalles: S.3								
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo convexa (a filete) en ambos lados								
Apertura de raíz: Si								
Placa de respaldo:		Si		No	X			
Material de respaldo (Tipo)								
Metal		Metal sin fusión		No metálico		Otro		
METAL BASE				POSICIÓN				
Material:	ASTM A 500		Tipo/Grado: B		Posición de la ranura: 5G			
	ASTM A 36		-					



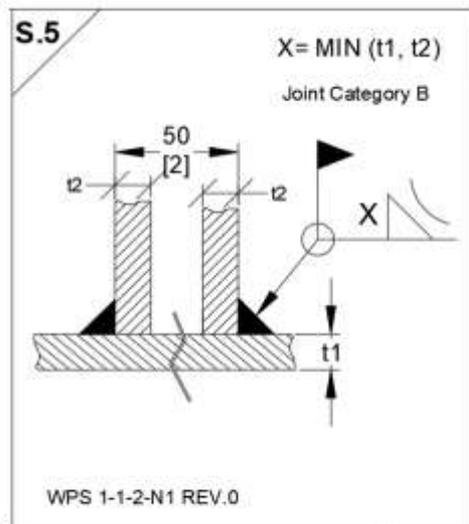
P-N°1		Grupo N°2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA			
Rango de espesor: 0-50 [mm]					Otro:			
Espesor de perfil: 3 [mm]					PRECALENTADO			
Espesor máximo de pasada ≤ 3,125mm		Si		No	Temperatura de precalentado: NA			
Otros:					Temperatura de entrapaso: NA.			
					Otro:			
METAL DE APORTE					TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)			
AWS Clasificación A5.1		E 6011			Temperatura: NA			
Grupo de metal base		I			Aws.N°(Class): NA			
Análisis del metal de soldadura A-No.		1			Tiempo: NA			
Tamaño del electrodo		ø 1/8 [in]			Otro: NA			
Forma del material de aporte		NA			-			
Metal de aporte suplementario		NA			-			
Clasificación de flujo de electrodo		NA			-			
Tipo de flujo		NA			-			
Nombre del flujo comercial		NA			-			
Espesor del metal de soldadura					-			
Otro:					-			
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								
Método de desbaste posterior: Rectificado								
Oscilación: NA								

Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple
Electrodos simples o múltiples: NA
Espaciado de electrodos: NA

JUNTA COLUMNA-MARCO BASE INFERIOR							
Detalles: S.4							
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo cóncava (a filete)							
Apertura de raíz: Si							
Placa de respaldo:	Si		No	X			
Material de respaldo (Tipo)							
Metal		Metal sin fusión	No metálico	Otro			
METAL BASE				POSICIÓN			
Material:	ASTM A 500	Tipo/Grado: B		Posición de la ranura: 5G			
	ASTM A 36	-					
P-Nº1	Grupo Nº2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA			
Rango de espesor: 0-50 [mm]				Otro:			
Espesor de perfil: 3 [mm]				PRECALENTADO			
Espesor máximo de pasada $\leq 3,125$ [mm]	Si	No	Temperatura de precalentado: NA				
Otros:				Temperatura de entrapaso: NA.			
				Otro:			
METAL DE APORTE				TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)			
AWS Clasificación A5.1	E 6011			Temperatura: NA			
Grupo de metal base	I			Aws.Nº(Class): NA			
Análisis del metal de soldadura A-No.	1			Tiempo: NA			
Tamaño del electrodo	$\varnothing 1/8$ [in]			Otro: NA			
Forma del material de aporte	NA			-			
Metal de aporte suplementario	NA			-			
Clasificación de flujo de electrodo	NA			-			

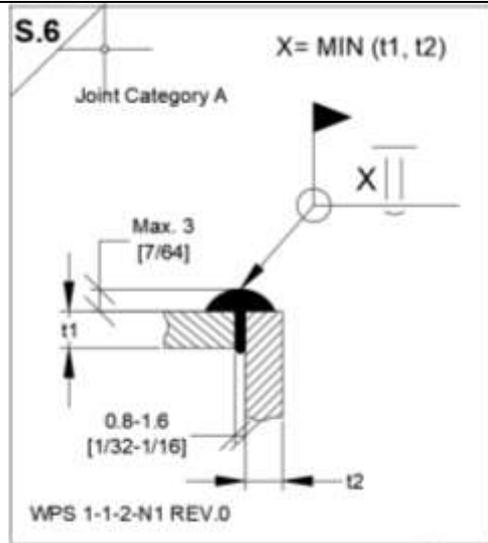


Tipo de flujo	NA				-			
Nombre del flujo comercial	NA				-			
Espesor del metal de soldadura					-			
Otro:					-			
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								
Método de desbaste posterior: Rectificado								
Oscilación: NA								
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple								
Electrodos simples o múltiples: NA								
Espaciado de electrodos: NA								
JUNTA COLUMNA-PLACA BASE								
Detalles: S.5								
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo convexa (a filete)								
Apertura de raíz: Si								
Placa de respaldo:	Si		No	X				
Material de respaldo (Tipo)								
Metal		Metal sin fusión	No metálico	Otro				
METAL BASE								
Material:	ASTM A 500		Tipo/Grado: B		POSICIÓN			
					Posición de la ranura: 5G			



	ASTM A 36	-						
P-N°1	Grupo N°2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA				
Rango de espesor: 0-50 [mm]				Otro:				
Espesor de perfil: 3 [mm]				PRECALENTADO				
Espesor máximo de pasada ≤ 3,125 [mm]	Si		No	Temperatura de precalentado: NA				
Otros:				Temperatura de entrepaso: NA.				
				Otro:				
METAL DE APORTE				TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)				
AWS Clasificación A5.1		E 6011		Temperatura: NA				
Grupo de metal base		I		Aws.N°(Class): NA				
Análisis del metal de soldadura A-No.		1		Tiempo: NA				
Tamaño del electrodo		ø 1/8 [in]		Otro: NA				
Forma del material de aporte		NA		-				
Metal de aporte suplementario		NA		-				
Clasificación de flujo de electrodo		NA		-				
Tipo de flujo		NA		-				
Nombre del flujo comercial		NA		-				
Espesor del metal de soldadura				-				
Otro:				-				
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								

Método de desbaste posterior: Rectificado							
Oscilación: NA							
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple							
Electrodos simples o múltiples: NA							
Espaciado de electrodos: NA							
JUNTA TAPAS DE COLUMNAS							
Detalles: S.6							
Diseño de la junta: Soldadura a tope sobre bordes rectos al ras							
Apertura de raíz: Si							
Placa de respaldo:		Si		No	X		
Material de respaldo (Tipo)							
Metal		Metal sin fusión		No metálico		Otro	
METAL BASE				POSICIÓN			
Material:		ASTM A 500	Tipo/Grado: B		Posición de la ranura: 5G		
		ASTM A 36	-				
P-Nº1			Grupo Nº2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA	
Rango de espesor: 0-50 [mm]				Otro:			
Espesor de perfil: 3 [mm]				PRECALENTADO			
Espesor máximo de pasada $\leq 3,125$ [mm]		Si	No	Temperatura de precalentado: NA			
Otros:				Temperatura de entrapaso: NA.			
				Otro:			
METAL DE APORTE				TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)			
AWS Clasificación A5.1		E 6011		Temperatura: NA			
Grupo de metal base		I		Aws.Nº(Class): NA			
Análisis del metal de soldadura A-No.		1		Tiempo: NA			
Tamaño del electrodo		$\varnothing 1/8$ [in]		Otro: NA			
Forma del material de aporte		NA		-			
Metal de aporte suplementario		NA		-			
Clasificación de flujo de electrodo		NA		-			



Tipo de flujo	NA			-				
Nombre del flujo comercial	NA			-				
Espesor del metal de soldadura				-				
Otro:				-				
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	∅ 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								
Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)								
TÉCNICA								
Velocidad de soldeo: Como se requiera								
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido								
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA								
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre								
Método de desbaste posterior: Rectificado								
Oscilación: NA								
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple								
Electrodos simples o múltiples: NA								
Espaciado de electrodos: NA								

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Tabla 45-3: Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para la escalera y pasamanos

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)				
AWS D1.1/D1.1 M:2015				
Nombre de la compañía: ESPOCH			Fecha: 18-07-2022	
Especificación de procedimiento de soldadura (WPS) N°:2			Tipo: Manual	
Proceso de soldadura: SMAW				
JUNTA PARA ESCALERA Y PASAMANOS				
Detalles: S.1				
Diseño de la junta: Soldadura en ángulo cóncava (a filete) y Soldadura convexa a tope sobre bordes rectos				
Apertura de raíz: Si				
Placa de respaldo:	Si		No	X
Material de respaldo (Tipo)				

S.1

X= MIN (I1, I2)
Joint Category C

SQUARE PROFILE 1x1.5mm

WPS-2.1.3-M1 REV 0

Metal		Metal sin fusión		No metálico		Otro		
METAL BASE						POSICIÓN		
Material:	ASTM A 500		Tipo/Grado: B			Posición de la ranura: 5G		
P-Nº.1		Grupo Nº2			Progresión de soldadura (Ascendente, Descendente): NA			
Rango de espesor: 0-50 [mm]						Otro:		
Espesor de perfil: 3 [mm]						PRECALENTADO		
Espesor máximo de pasada ≤ 3,125 [mm]		Si		No	Temperatura de precalentado: NA.			
Otros:						Temperatura de entrepaso: NA.		
						Otro:		
METAL DE APORTE						TRATAMIENTO TÉRMICO (PWHT)		
AWS Clasificación A5.1		E 6011			Temperatura: NA			
Grupo de metal base		I			AWS. Nº. (Class): NA			
Análisis del metal de soldadura A-No.		1			Tiempo: NA			
Tamaño del electrodo		ø 1/8 [in]			Otro: NA			
Forma del material de aporte		NA			-			
Metal de aporte suplementario		NA			-			
Clasificación de flujo de electrodo		NA			-			
Tipo de flujo		NA			-			
Nombre del flujo comercial		NA			-			
Espesor del metal de soldadura					-			
Otro:					-			
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Pasada(s)	Proceso	Metal de aporte		Tipo de corriente y polaridad	Amps (Rango)	Volts (Rango)	Velocidad de soldeo	Otros
		Clase	Dia. [in]					
Raíz	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP			Como se requiera	
Pasada	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Sub Seq	SMAW	E 6011	ø 1/8	DCEP				
Los amperios y voltios, o el rango de potencia o energía, deben registrarse para cada tamaño, posición y grosor de electrodo, etc.								

Corriente pulsante-DCEP Entrada de calor (máx.)
TÉCNICA
Velocidad de soldeo: Como se requiera
Cuerda o cordón tejido: Cuerda, tejido
Tamaño del orificio, boquilla o copa de gas: NA
Limpieza inicial y entre pasadas (cepillado, esmerilado, etc.): Limpieza mediante esmerilado y cepillado con alambre
Método de desbaste posterior: Rectificado
Oscilación: NA
Pase múltiple o pase simple (por lado): Múltiple
Electrodos simples o múltiples: NA
Espaciado de electrodos: NA

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Una vez establecido el WPS se muestra el procedimiento seguido para llevar a cabo el montaje de la estructura metálica de la torre mediante un diagrama de proceso que se muestra en Ilustración 61-3, además este proceso también se muestra en el anexo H.

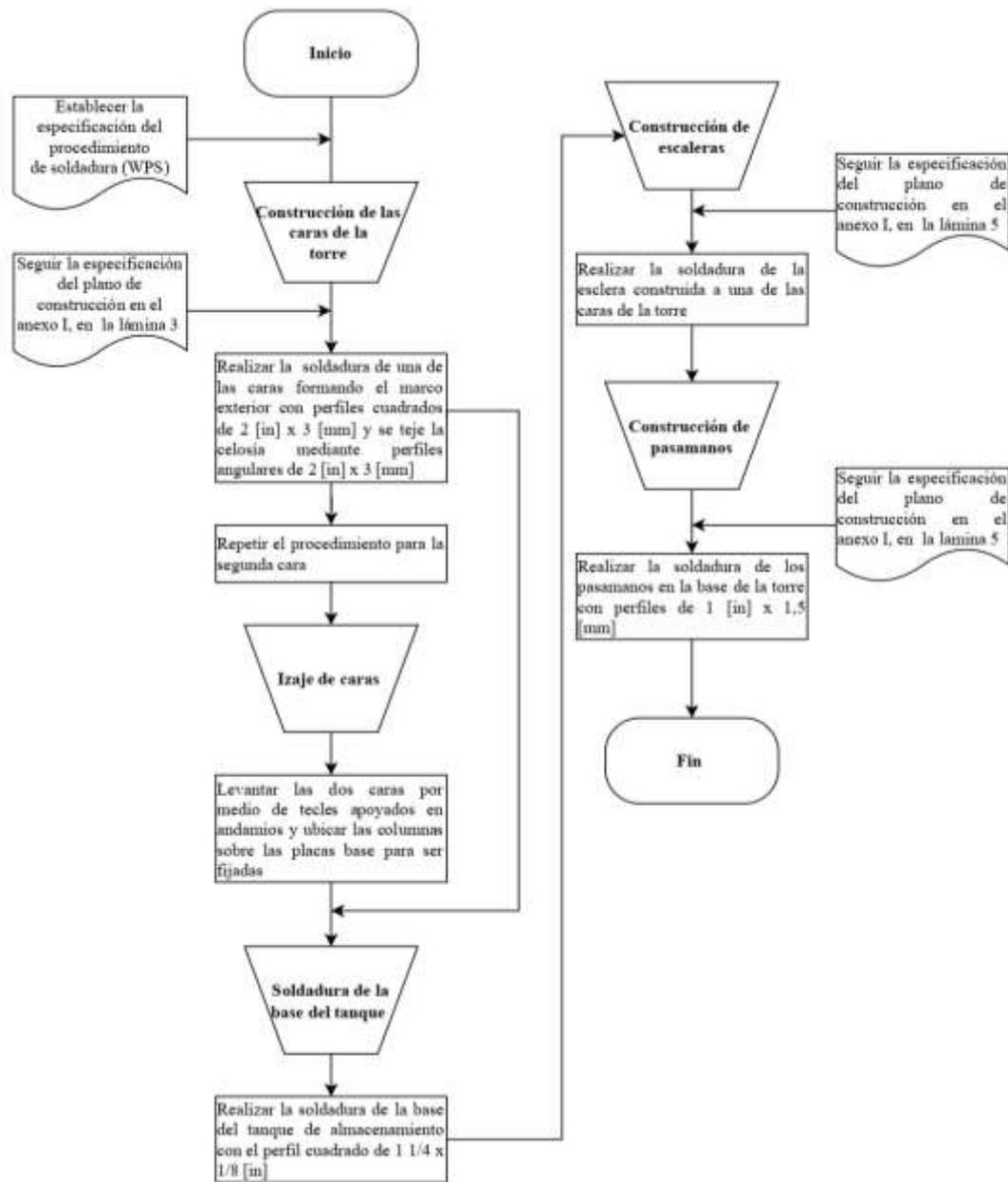


Ilustración 61-3: Procedimiento para montaje e instalación

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.7.2 Conexión del sistema de agua por gravedad

3.7.2.1 Selección de los elementos y accesorios

En el apartado 3.5 se realizó el diseño sistema de agua por gravedad en donde se definió los accesorios necesarios para realizar las conexiones en cada uno de los tramos del sistema de almacenamiento de agua.

A continuación, se realiza la selección de dichos accesorios, especificando su material, cantidad y tramos en donde son necesarios, lo cual se muestra a manera de resumen en la Tabla 46-3 y Tabla 47-3.

Tabla 46-3: Selección de elementos y accesorios para el sistema de agua gravedad

Accesorio/elemento	Nº	Dimensión [in]	Material	Tramo de tubería	Observaciones
Adaptador para tanque C/junta	2	$\frac{3}{4}$	PP y Caucho	Tramo 1-2	-
					
Neplo 6 cm	2	$\frac{3}{4}$	PP	Tramo 1-2	-
					
Unión roscable HH	1	$\frac{1}{2}$	PP	Tramo 4-5	-
					
Tee	1	1	PP	Tramo 2-4	-
					
Unión Universal	2	$\frac{3}{4}$	PP	Tramo 1-2	--

Accesorio/elemento	N°	Dimensión [in]	Material	Tramo de tubería	Observaciones
	1	1		Tramo 2-4	
Neplo C/tuerca					
	1	1	PP	Tramo 2-4	-
Tapón hembra					
	1	1	PP	Tramo 2-4	-
Neplo flex					
	2	½	PVC	Tramo 4-6	-
	1	¾		Tramo 1-2	
	1	1		Tramo 2-4 Tramo 4-5	
Unión flex					
	1	¾	PVC	Tramo 1-2	-
	1	1			
Tee reductora flex		1 a ½	PVC	Tramo 2-4	-

Accesorio/elemento	N°	Dimensión [in]	Material	Tramo de tubería	Observaciones
	1				
Válvula de Boya				Tramo 1-2	
	1	3/4	acero	Tramo 1-2	-
Válvula de bola					
	1	1	acero	Tramo 4-5	-
Tubería flex					
	1/8	ø 1/2	PE	Tramo 4-6	Los rollos de manguera son de 100 metros
	2	ø 3/4		Tramo 1-2	
	2	ø 1		Tramo 2-4 Tramo 4-5	

Tabla 47-3: Selección del tanque de almacenamiento para el sistema de agua por gravedad

Accesorio/elemento	N°	Dimensión [L]	Material	Tramo de tubería	Observaciones
Tanque cónico	1	1000	PE	-	

Accesorio/elemento	N°	Dimensión [L]	Material	Tramo de tubería	Observaciones
					En el apartado 3.5.5 se realizó la selección del tanque de almacenamiento

Fuente: PLASTIGAMA, 2021

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Nota: PE (polietileno)

3.7.2.2 Procedimiento de conexión de los elementos y accesorios

Para las conexiones hidráulicas se utilizará los accesorios y elementos seleccionados anteriormente, teniendo como guía la lámina 1 en el anexo I. Parte del procedimiento se muestra en el anexo J.

3.8 Examinación de juntas soldadas mediante líquidos penetrantes

La examinación mediante líquidos penetrantes se realiza a todas las juntas de la estructura metálica de la torre, con el objetivo de detectar la existencia de discontinuidades presentes en los cordones de soldadura mediante la ayuda de inspección visual, este ensayo se ejecuta bajo la Norma ASTM E 165-02, para detectar

3.8.1 Materiales para la examinación

Los materiales que se emplean en el ensayo no destructivo son: solvente para limpieza, tinta penetrante y revelador (ASTM, 1995), como se muestra en la Tabla 32-3.

Tabla 48-3: Kit para examinación por líquidos penetrantes

Elemento	Solvente para limpieza	Penetrante	Revelador
Marca	Magnaflux	Magnaflux	Magnaflux
Codificación	SKC-S	SKL-SP2	SKD-S2
Imagen de referencia			

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.8.2 Procedimiento para la examinación

Este ensayo se realiza sobre una superficie plana, para lo cual se emplea un cepillo de acero, a fin de eliminar las impurezas existentes tanto en el cordón de soldadura como alrededor de los bordes de este. A continuación, se describen pasos que se deben llevar a cabo para la realización del ensayo como se muestra en la Ilustración 62-3.

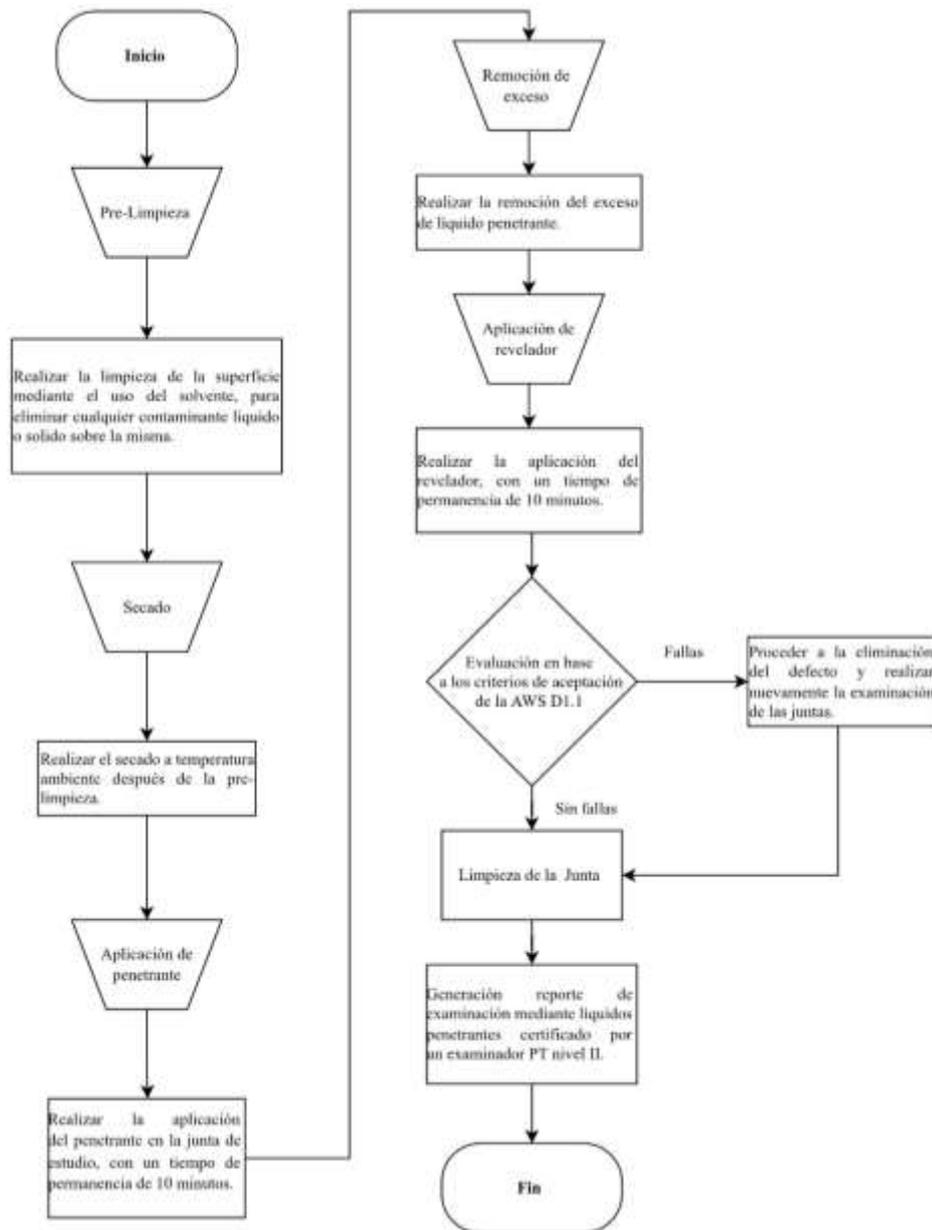


Ilustración 62-3: Procedimiento de la evaluación por líquidos penetrantes

Fuente: ASTM, 1995

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.9 Pruebas de operación del sistema de almacenamiento de agua

Posterior a la implementación del proyecto el ultimo objetivo a cumplirse consiste en realizar las pruebas de operación del sistema implementado para lo cual continuación se explica el procedimiento para la medición tanto del caudal como de la presión en el abastecimiento al establo y el calefón ese decir los puntos 5 y 6 respectivamente.

3.9.1 Procedimiento para la medición de caudal

El procedimiento para la medición experimental del caudal se detalla en el diagrama de la Ilustración 63-3 y un ejemplo de esto se muestra en la Ilustración 64-3.

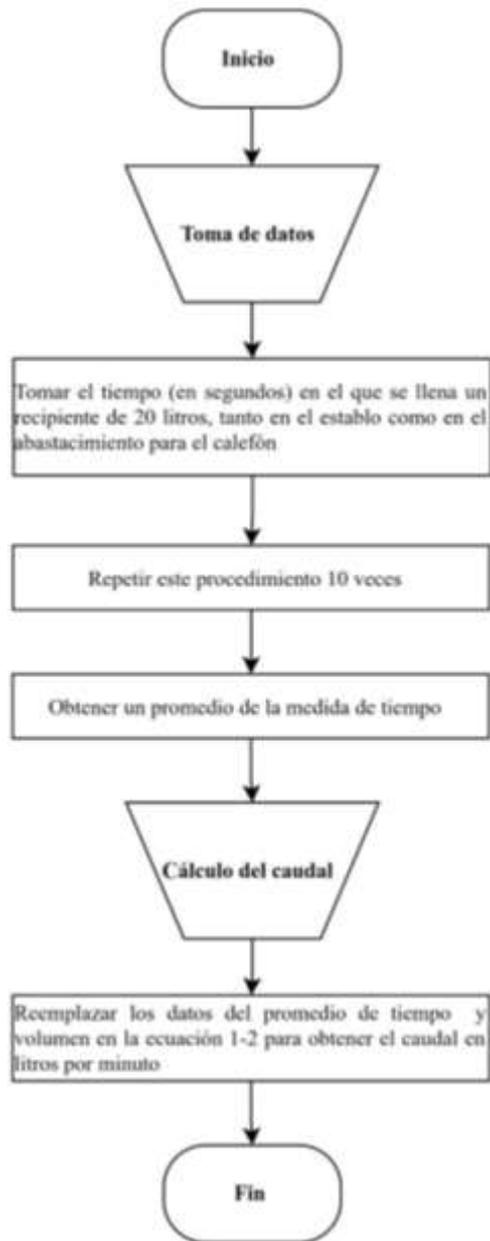


Ilustración 63-3: Procedimiento para medición del caudal

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

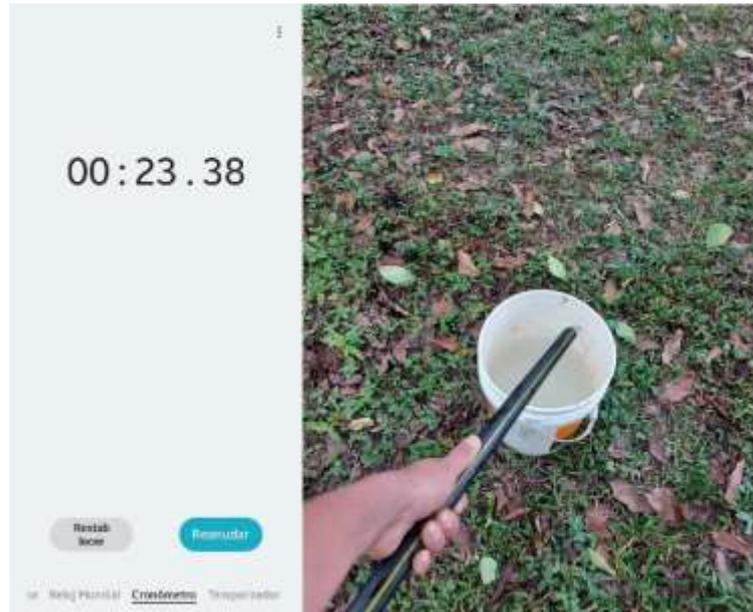


Ilustración 64-3: Medición experimental del caudal

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.9.2 *Procedimiento para la medición de presión*

El procedimiento para la medición experimental de la presión se detalla en el diagrama de la Ilustración 65-3 y un ejemplo de esto se muestra en la Ilustración 66-3.

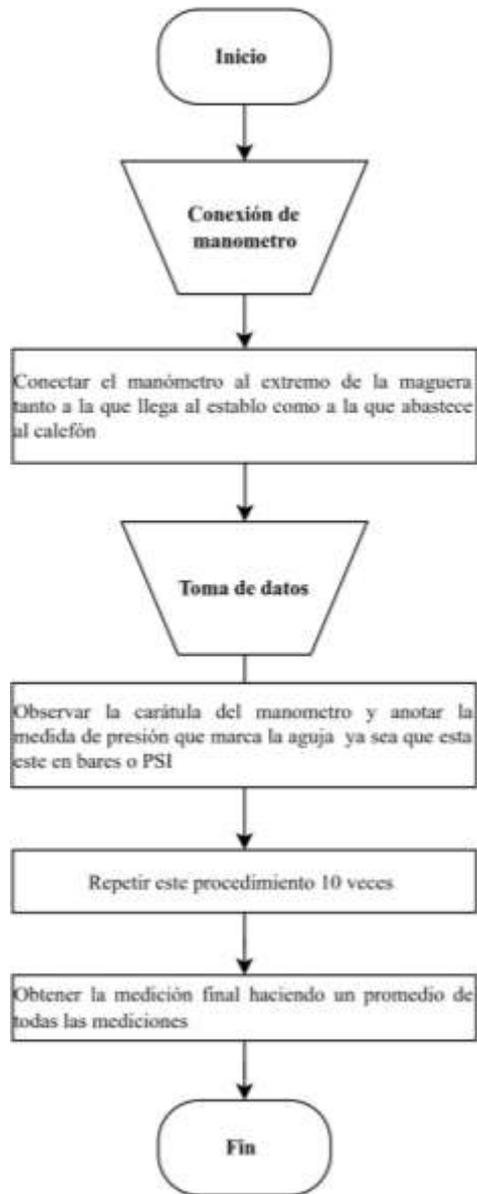


Ilustración 65-3: Procedimiento para medición de la presión

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022



Ilustración 66-3: Medición experimental de la presión

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.10 Evaluación de costos

Se realiza un análisis haciendo una diferencia entre los costes directos e indirectos del proyecto lo cual tiene que ver con la relación que guarda con los productos y servicios de los que depende.

3.10.1 Costos directos

Para la construcción e instalación del sistema de almacenamiento de agua se toma en cuenta los costos principales como son adquisición de materiales y construcción de las diferentes partes constitutivas del sistema.

3.10.1.1 Costos por materiales

El sistema de almacenamiento de agua se compone de una parte estructural es decir la estructura metálica de la torre de soporte y la cimentación, así como de los elementos y accesorios para el sistema de agua por gravedad los cuales se seleccionan previamente como se detalla en la Tabla 49-3.

Tabla 49-3: Costos por materiales

Denominación	Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Zapata	Varillas de 1/2 [in] x 12 [m]	7	12,51	87,57
	Varillas de 8 [mm] x 12 [m]	3	5,55	16,65
	Sacos	20	0,50	10
	Sacos de cemento	10	7,70	77
	Libra de alambre	9	1	9
	Libra de clavos de 2 ½ [in]	2	1	2
Placa base	Placa 200x200 [mm] x 1/4 [in]	4	5	20
	Tuercas y arandelas	32	0,18	5,76
Torre	Perfil Cuadrado 2 [in] x 3 [mm]	8	37,35	298,79
	Perfil Cuadrado 1 1/4 [in] x 1,5 [mm]	4	24,80	99,2
	Perfil Angular 2 [in] x 1/8 [in]	23	16,19	379,30
Escalera y pasamanos	PL 2 [in] x 3 [mm]	8	11,39	91,14
Recubrimiento	Galón de multiprimer gris	8	5,58	44,64
	Libras de guaípe	3	2,23	6,70
	Galón de thiner	8	24,56	12,50
Unión	Caja de electrodos 6011	2	17,19	35,38
Discos	Corte 14 in	2	4,91	9,82
	Corte 7 in	4	1,75	7
	Desbaste 7 in	4	3,50	14
Subtotal				1226,45
Subtotal 0%				0,00

Descuento	0,00
Subtotal sin impuestos	1226,45
IVA	147.174
Valor total	1373,624

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.10.1.2 Costos por mano de obra, equipos y herramientas

Para el costo de mano de obra se toma en cuenta el sueldo de los trabajadores que se desempeñan en el área, metal mecánica y civil.

Tabla 50-3: Costos por mano de obra

Descripción	Cantidad	Número de días	Costo/día (\$)	Total (\$)
Soldador	1	2	50	100
Albañil	1	4	25	100

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Tabla 51-3: Costos por equipos y herramientas

Descripción	Cantidad	Horas	Costo/hora (\$)	Total (\$)
Tronzadora	1	30	1,50	45
Amoladora	1	30	1,50	45
Moto-soldadora	1	30	4,5	135
Taladro de pedestal	1	4	2,5	10
Pares de Andamios	5	96	0,10	48
	Valor total			283

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.10.1.3 Costos por transporte

Se toma en cuenta el costo del desplazamiento de la materia prima hacia el sitio de donde se planteó al inicio del proyecto la implementación del sistema de almacenamiento de agua, el costo del desplazamiento de los trabajadores al lugar de trabajo, así como el de las herramientas.

Tabla 52-3: Costos por transporte

Descripción	Valor (\$)
Transporte	100

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.10.1.4 Costos directos totales

Tabla 53-3: Costos directos totales

Descripción	Valor (\$)
Materiales	1373,624
Equipos y herramientas	283
Mano de obra	200
Transporte	100
Total costos directos	1956,624

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

3.10.2 Costos indirectos

Los costos indirectos afectan al desarrollo del sistema de almacenamiento de agua ya que estos no se pueden medir, asignar ni contemplar directamente dentro del presupuesto de la obra. Por el contrario, se tiene que asumir un criterio general de asignación por lo cual se considera un 10 % del total de los costos directos por razones ingenieriles sin tomar en cuenta los imprevistos ni la utilidad como se muestra en la Tabla 54-3.

Tabla 54-3: Costos indirectos

Descripción	Cantidad (% C/D)	Valor (\$)
Ingenieriles	10%	195,66
Imprevistos	0%	0
Utilidad	0%	0
Total costos indirectos		195,66

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Resultados del diseño conceptual del sistema de almacenamiento de agua

En los apartados 3.1, 3.2 y 3.3 se describió el procedimiento para la aplicación de la metodología QFD, así como el desarrollo de la matriz morfológica que se muestra en la Ilustración 5-3 y la ponderación de la Tabla 7-3 se obtiene la alternativa 1 como la más adecuada para el desarrollo del diseño del sistema de almacenamiento de agua, este se compone de una captación tipo superficial, un tanque de almacenamiento de agua cónico, conducción de agua mediante tubería de polietileno de baja densidad (manguera), una torre de soporte de sección cuadrada piramidal y con la característica principal de que el sistema suministra el recurso hídrico al establo por gravedad.

Los resultados del diseño de cada una de las partes que componen el sistema se detallan en los siguientes apartados.

4.2 Resultados del diseño del sistema de agua por gravedad

En la Tabla 1-4 se muestra un resumen de los resultados obtenidos para el diseño del sistema de agua por gravedad como son el caudal, presión y velocidad del agua en cada uno de los tramos de análisis.

Tabla 1-4: Resultados del diseño del sistema de agua por gravedad

Tramo de análisis	Caudal [l/min]	Presión [Pa]	Velocidad [m/s]
1-2	26,06 (punto 2)	0,0441 (punto 2)	1,262 (punto2)
2-4	-	30565,472 (punto4)	-
2-5	53,11 (punto5)	29370 (punto5)	1,593 (punto5)
4-6	27,665 (punto6)	25963,981 (punto6)	2,0541 (punto6)

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Tomando los datos de la tabla anterior a continuación se explica a detalle los resultados más importantes que cumplen con el segundo objetivo del proyecto.

Mediante el procedimiento seguido para el análisis en el tramo 1 de la manguera en el apartado 3.5.2.2 se obtiene como resultado un caudal de 26,06 [l/min] en el punto 2 el cual corresponde al abastecimiento del tanque de almacenamiento, permitiendo de esta manera predecir el tiempo de

compensación en el llenado de este, mientras se realiza el consumo del agua en el establo de la finca.



Ilustración1-4: Tramo 1 del sistema de almacenamiento de agua

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

De la misma manera en el análisis del tramo 2 de la manguera se obtiene un caudal de 53,11 [l/min] en el punto 5 siguiendo el procedimiento establecido en el apartado 3.5.3.2, valor que garantiza el adecuado abastecimiento de agua en el establo. Conjuntamente se obtiene de acuerdo con el apartado 3.5.3.3 una presión en el mismo punto de 29370 [Pa].

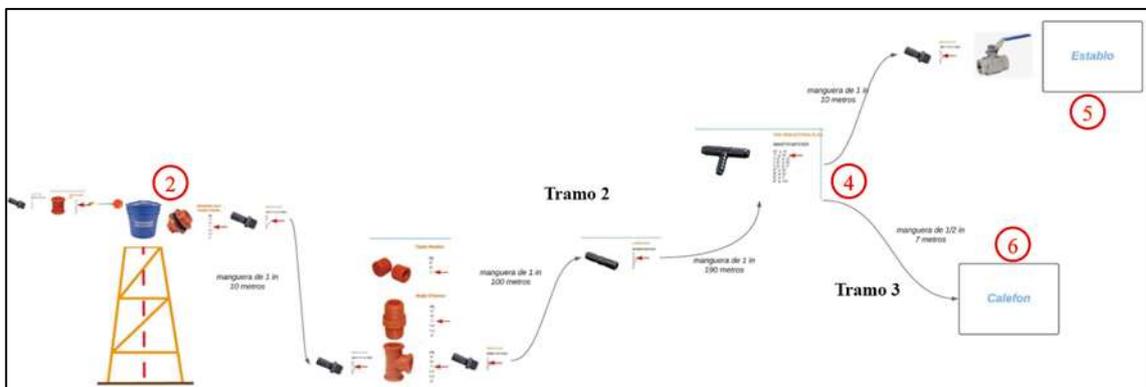


Ilustración 2-4: Tramo 2 y 3 del sistema de almacenamiento de agua

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Así mismo mediante el análisis en el tramo 3 de la tubería se obtiene en base a los apartados 3.5.4.2 y 3.5.4.3 un caudal de 27.665 [l/min] y una presión de 25963,981 [Pa] o 0,259 [bar] respectivamente para el punto 6 en el cual se abastecerá a un calefón como se muestra en la Ilustración 2-4, y de acuerdo con el catálogo de (SPLENDID, 2020,pp.3-10), las condiciones de encendido mínimas son de 0,25 [bares] y 3,2 [l/min] (ver Anexo B), siendo las condiciones obtenidas mediante el cálculo idóneas para el funcionamiento del calefón marca Splendid.

4.3 Resultados del diseño de la estructura metálica de la torre en SAP 2000

4.3.1 Esfuerzo máximo

De la Tabla 2-4 se obtiene el valor máximo del esfuerzo de 23,1896 [ksi] o [Kip/in²] localizado en el elemento 241 de una de las columnas de perfil cuadrado 50 x 3 [mm] en la combinación 2, como se presenta en la Ilustración 3-4, este resultado es mucho menor que el esfuerzo de fluencia mínimo del acero ASTM A36, por lo cual se comprueba que la estructura de la torre soporte resiste frente a los esfuerzos provocados por las cargas actuantes.

Tabla 2-4: Resultados de esfuerzo máximo en SAP 2000

Elemento	Combinación	Esfuerzo máximo [Kip/in ²]	Esfuerzo máximo de Von Mises [Kip/in ²]
241	COMB2	23,1896	23,2047
225	COMB2	23,1861	23,1948
327	COMB2	23,1686	23,1709
399	COMB2	22,018	22,0473
327	COMB2	22,016	22,0254

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

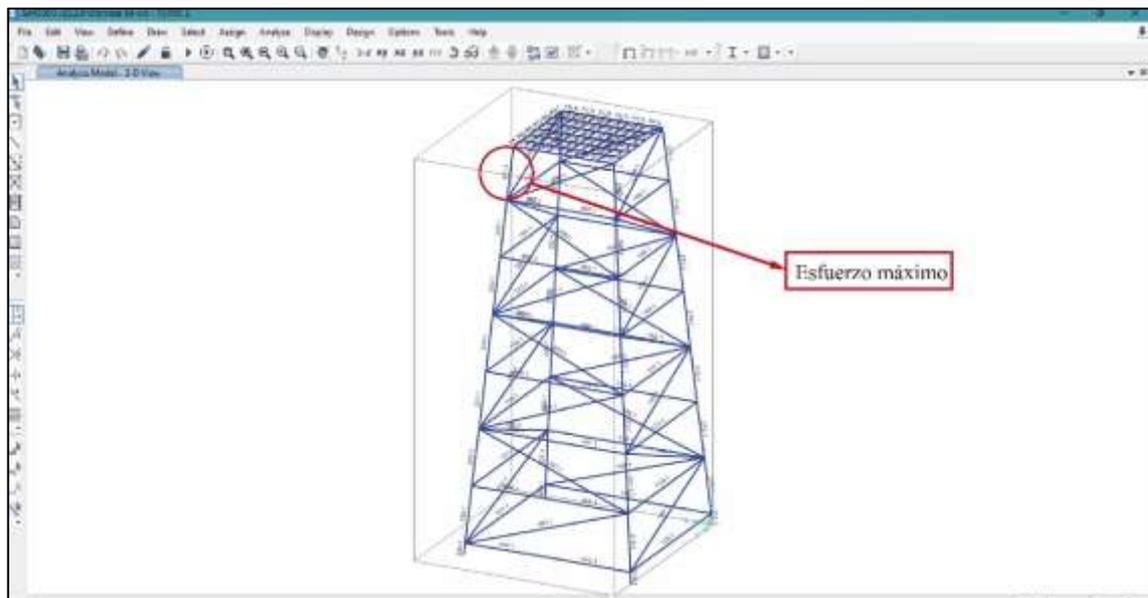


Ilustración 3-4: Esfuerzo Máximo en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.3.2 Esfuerzo máximo de Von Mises

La Tabla 2-4 muestra los resultados de los esfuerzos de Von Mises obtenida en SAP 2000, de los cuales se encuentra el valor máximo en una de las columnas de la estructura (ver Ilustración 4-4) de 23,2047 [ksi] o [kip/in²].

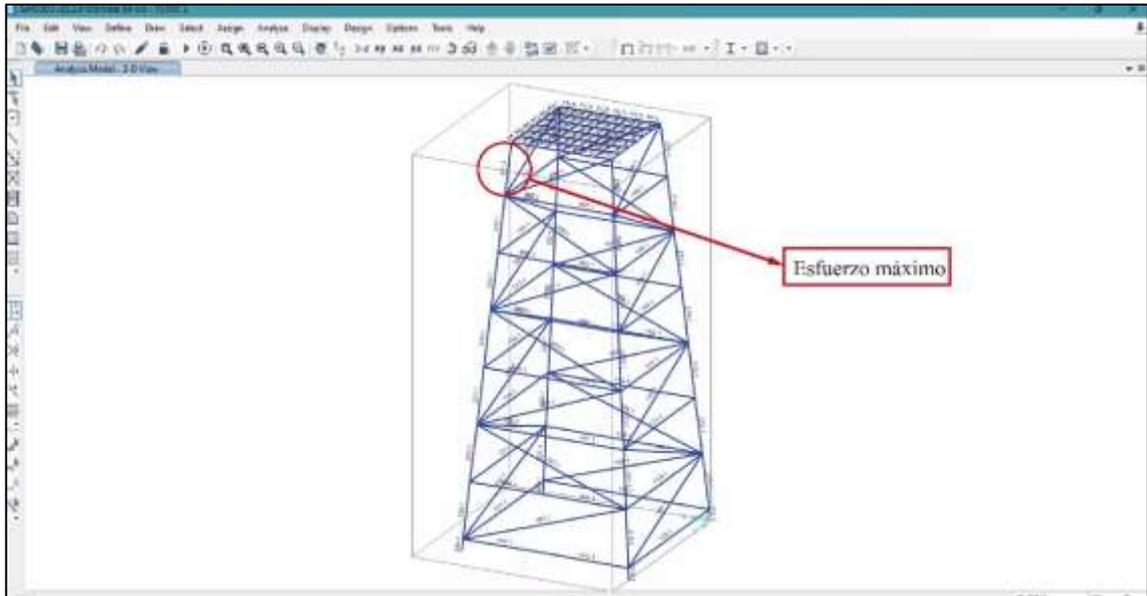


Ilustración 4-4: Esfuerzo Máximo en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Se comprueba que la estructura de la torre resiste frente a los esfuerzos provocados por las cargas actuantes ya que el esfuerzo de trabajo es mucho menor que el esfuerzo de fluencia de los materiales utilizados.

4.3.3 Deformación máxima

Se obtuvo un valor máximo en la base de la estructura de la torre (base tanque de almacenamiento) dada en la junta 68 que se observa en la Ilustración 5-4 con un valor de 5,0279 [mm] como se muestra en la Tabla 3-4. De acuerdo con la metodología del apartado 3.6.3.3 se obtuvo la deformación máxima permisible considerando que el elemento que presenta la máxima deformación es de 1800 [mm].

$$\frac{1800}{300} > 5,0279 [mm]$$

$$6 mm > 5,0279 [mm]$$

Tabla 3-4: Resultados de la deformación máxima en Excel

Junta	Combinación	Deformación [mm]
68	COMB2	-5,027999
67	COMB2	-4,650966
63	COMB2	-3,359987
62	COMB2	-2,721466
73	COMB2	-1,535113

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

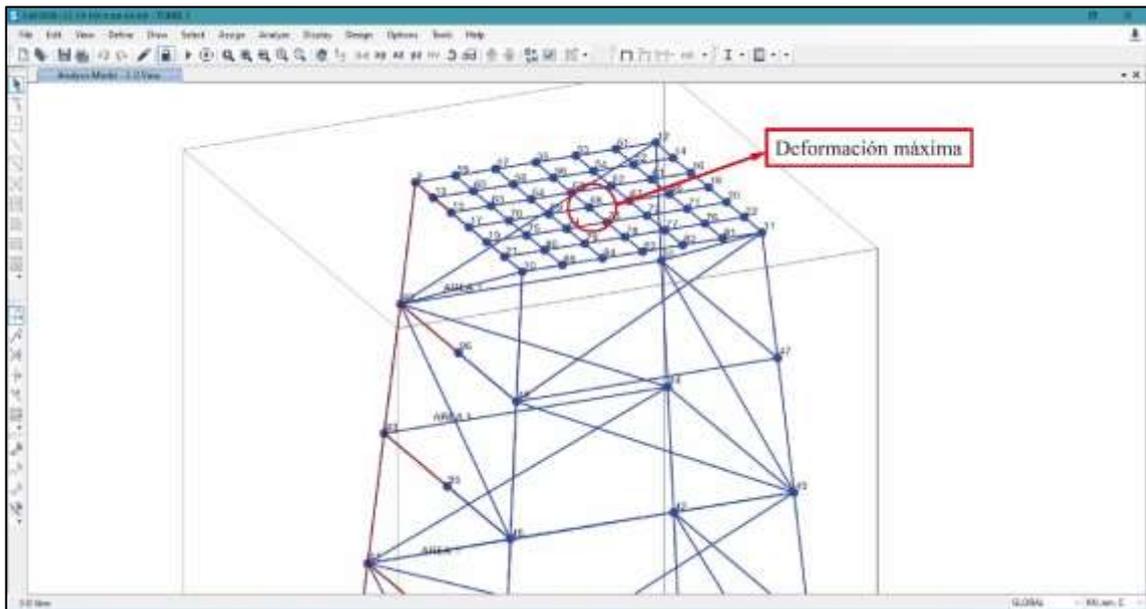


Ilustración 5-4: Zona donde se produce la máxima deformación de la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Por lo tanto, al ser la deformación máxima obtenida menor que la permisible, el diseño de la estructura de la torre es funcional ya que no sufre una deformación excesiva frente a las cargas actuantes.

4.3.4 Factor de seguridad

En el apartado 3.6.3.4 se explica el procedimiento mediante el cual se obtiene un factor de seguridad de 1,5514 con el que trabaja en la estructura, utilizando para ello el valor del esfuerzo máximo de Von Mises del apartado 4.3.2 y el esfuerzo de fluencia mínimo del acero ASTM A36.

En la Ilustración 6-4 y la Tabla 4-4 se presenta el resultado del factor demanda capacidad obtenido del diseño de la estructura, los perfiles cuadrados para las columnas trabajan con un factor de 0,295 es decir 30% de su capacidad, este valor se acepta ya que se tiene una estructura metálica con sección transversal más pequeña que su altura, mientras que los perfiles cuadrados de la base del tanque de almacenamiento trabajan con un factor de 0,258 o 26% de su capacidad, esto se debe a que la carga ejercida sobre este elemento está distribuida, pero es aceptable ya que caso contrario el tanque se deformaría, finalmente los elementos angulares que conforman la celosía de la torre trabajan con un factor de 0,895 es decir no superan el 90% de su capacidad.

Tabla 4-4: Factor demanda capacidad de los perfiles estructurales

Perfiles	Aplicación	Factor de seguridad
Cuadrado 50 x 3 mm o 2 in x 3mm	Columnas, marco superior e inferior	0.295
Cuadrado 30 x 1,5 mm o $1\frac{1}{4}$ in x 1,5 mm	Base para tanque de almacenamiento	0.258
Angular 50 mm x $\frac{1}{8}$ in o $2\frac{1}{8}$ in	Reticulado	0.895

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

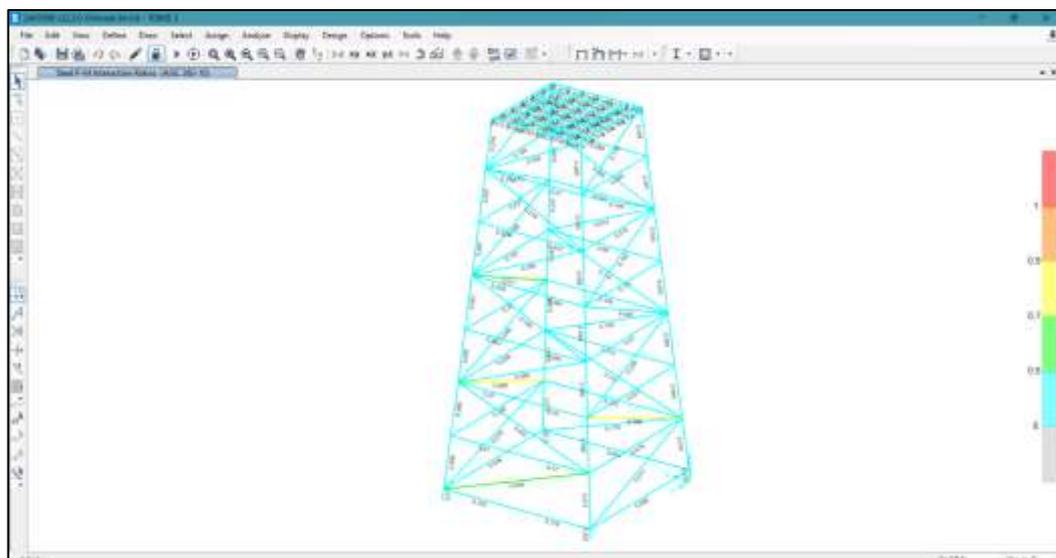


Ilustración 6-4: Comprobación de estructura por el factor demanda capacidad en SAP 2000

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

De la Tabla 4-4 se tiene un factor demanda capacidad global promedio de 0,4827.

Finalmente, el diseño de la estructura metálica de la torre se valida con éxito en SAP 2000 por esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad, procurando la funcionalidad frente las cargas presentes en la misma.

4.4 Resultados de la validación del diseño de la estructura metálica de la torre en Ansys

De acuerdo con la metodología seguida en el apartado 3.6.4 se obtuvo el esfuerzo de Von Mises, la deformación máxima y el factor de seguridad para la estructura metálica de la torre mediante Ansys.

4.4.1 Esfuerzo máximo de Von Mises

Se obtiene el valor máximo del esfuerzo de Von Mises de 23,1896 [ksi] o [Kip/in²] localizado en una de las columnas de perfil cuadrado 50 x 3 [mm] en la combinación 4, como se observa en la Ilustración 7-4, este resultado es mucho menor que el esfuerzo de fluencia mínimo del acero ASTM A36, por lo cual se comprueba que la estructura de la torre soporte resiste frente a los esfuerzos provocados por las cargas actuantes.

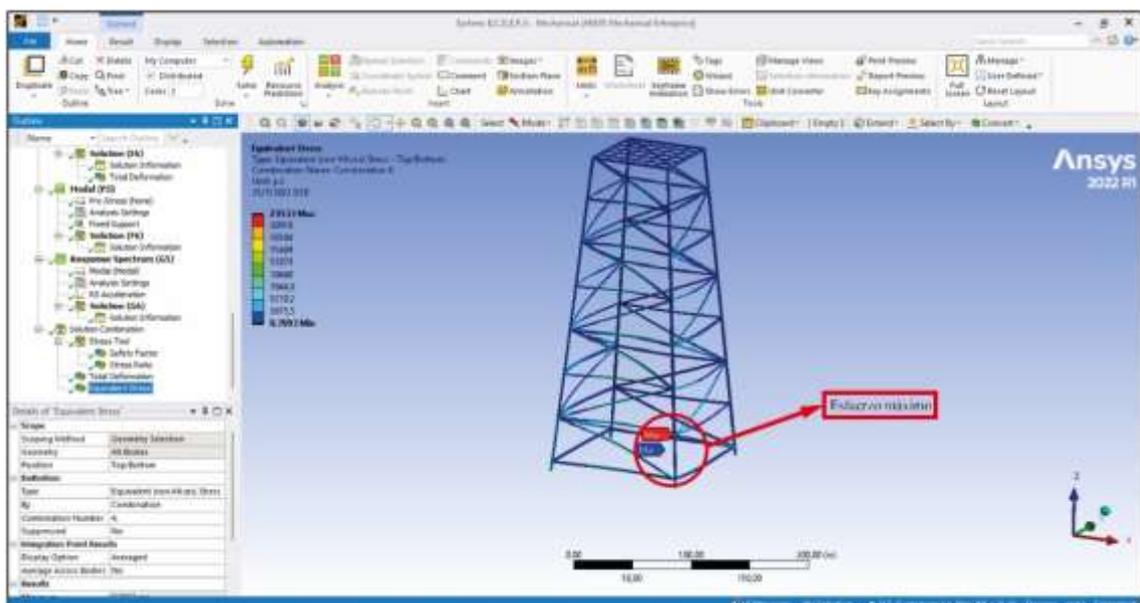


Ilustración 7-4: Esfuerzo máximo de Von Mises en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.4.2 Deformación máxima

Se obtuvo una deformación máxima del modelo de la torre en Ansys con un valor de 5,2795 [mm] localizado en la base de la torre es decir en la base del tanque de almacenamiento de agua como se observa en la Ilustración 8-4, este valor no supera la deformación permisible es decir que no

existe una deformación excesiva frente a las cargas actuantes, asegurando la funcionalidad de la estructura de la torre.

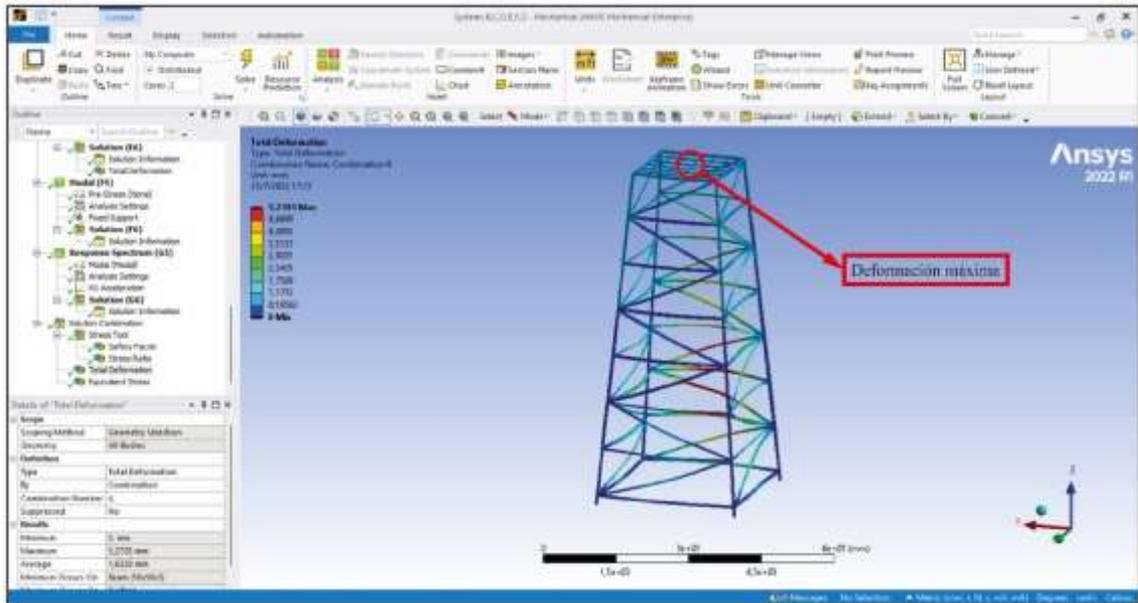


Ilustración 8-4: Resultados de la deformación máxima en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.4.3 Factor de seguridad

Se obtiene un factor de seguridad (*Safety Factor*) de 1,779 (ver Ilustración 9-4) y un factor demanda capacidad global (*Stress Ratio*) de 0,5088 (ver Ilustración 10-4).

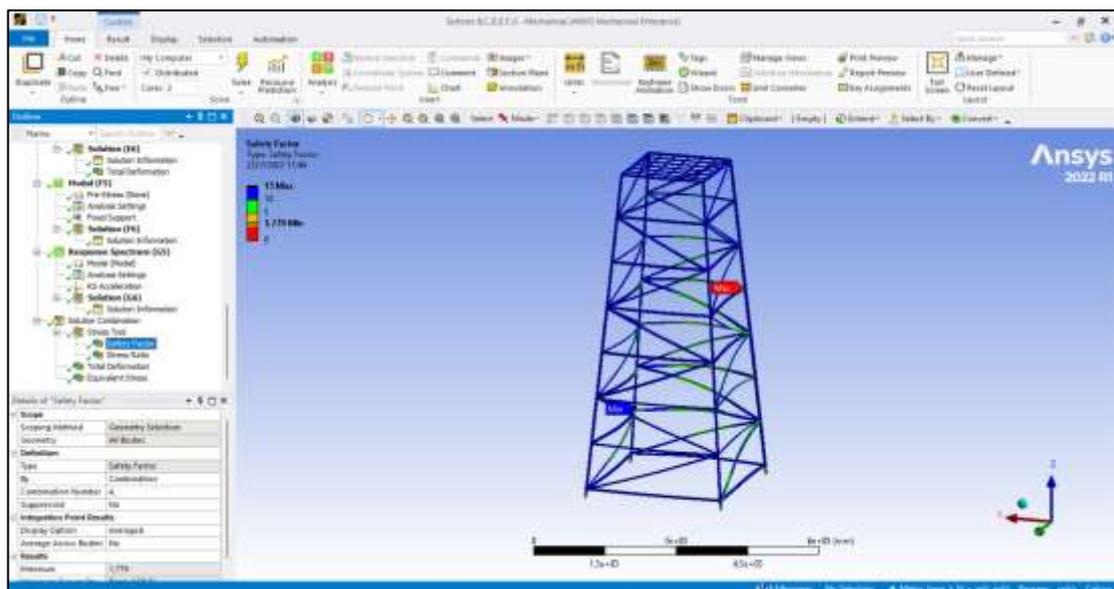


Ilustración 9-4: Valor del factor de seguridad en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

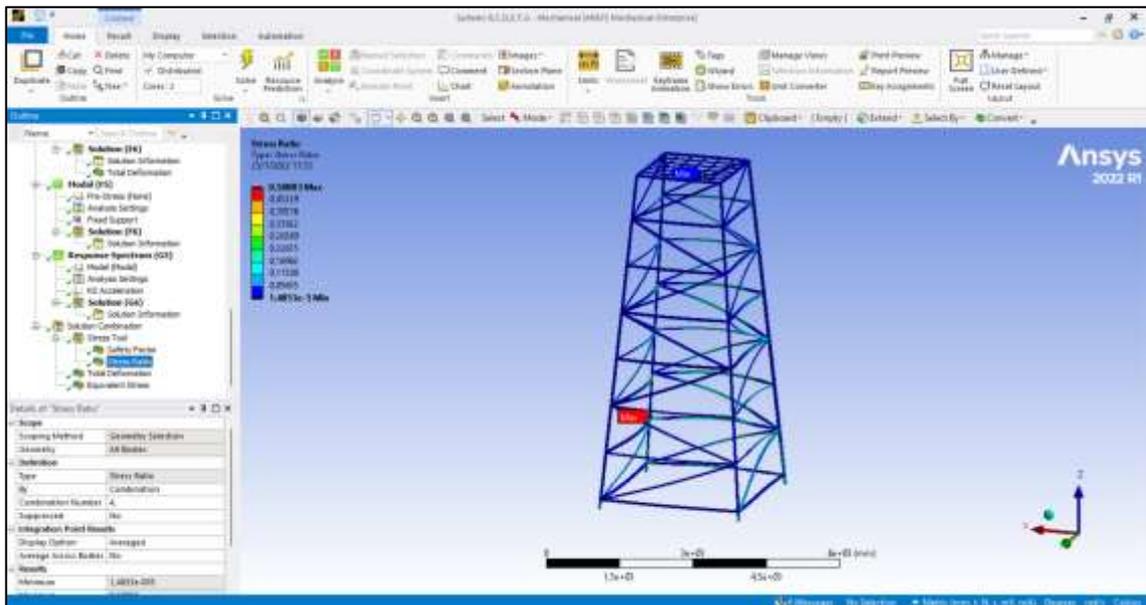


Ilustración 10-4: Valor del factor demanda capacidad en Ansys

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.5 Comparación de resultados del diseño de la estructura metálica de la torre

En la Tabla 5-4 se realiza la comparación de los resultados de esfuerzo máximo, deformación máxima y factor de seguridad obtenidos para la estructura en SAP 2000 y Ansys, se observa que estos valores son muy cercanos en ambos softwares, lo cual comprueba la funcionalidad de la estructura y se aceptan dichos valores como adecuados.

Tabla 5-4: Resultados del diseño y validación de la torre de soporte

Software	Esfuerzo máximo de Von Mises [ksi]	Deformación Máxima [mm]	Factor de seguridad	Factor demanda capacidad
SAP 2000	23,2047	5,0279	1,5514	0,4827(48%)
Ansys	23,533	5,2795	1,779	0,5088(51%)

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

A continuación, se presenta los resultados obtenidos para el diseño de la base para la torre de soporte que se compone del conjunto zapata y placa base de columna.

4.6 Resultados del diseño de la zapata aislada

De acuerdo con el procedimiento seguido en el apartado 3.6.5 y en base al reporte que proporciona el software especializado para el diseño de zapatas de hormigón armado para las bases de la torre de soporte que se muestra en el Anexo K.

Se obtiene una presión admisible de $1,47 \times 10^5$ [N/m²], un factor de seguridad mínimo para el deslizamiento de 1.25 y un factor de seguridad mínimo a vuelco del mismo valor. Además, se tiene una compresión promedio sobre el terreno de $3,06 \times 10^4$ [N/m²], una máxima compresión en el terreno de $7,17 \times 10^4$ [N/m²] y un asentamiento total máximo de 2,32 [mm] considerando el suelo como material elástico por medio del coeficiente de balasto (ver Tabla 33-3).

Finalmente se obtiene el diseño de la zapata aislada la cual resiste frente a momentos flectores y fuerzas cortantes producidas por las cargas actuantes cuyo modelo se muestra en la Ilustración 11-4.

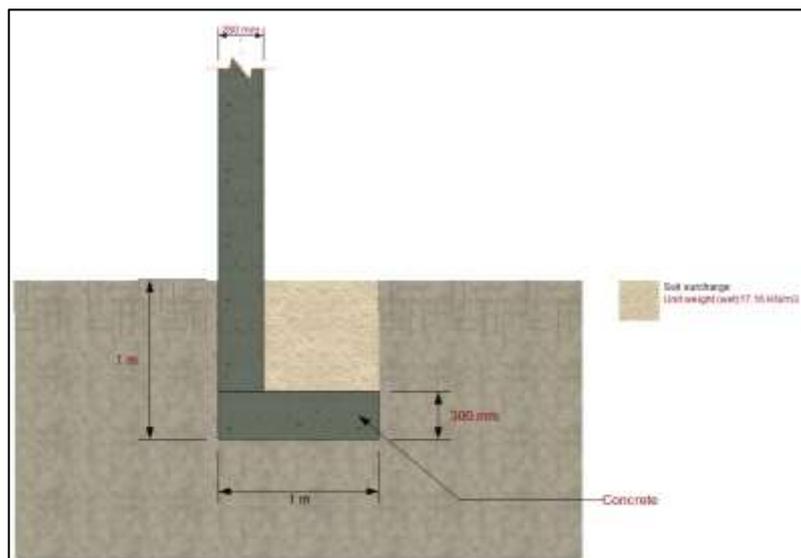


Ilustración 11-4: Modelo de la zapata aislada diseñada

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.7 Resultados del diseño de la placa base

Los resultados obtenidos en el software especializado se muestran en el Anexo L con lo cual se obtiene el diseño funcional de la placa base para las columnas de la torre de acuerdo con la metodología seguida en el apartado 3.6.6 con ayuda de un software especializado, la cual presenta un factor demanda capacidad global (factor de seguridad) de 0,78 lo que indica que la placa base

de 1/4 in está trabajando al 78% de su capacidad y resiste los momentos flectores, cargas cortantes y axiales provocadas por las cargas actuantes en los empotramientos de la estructura de la torre.

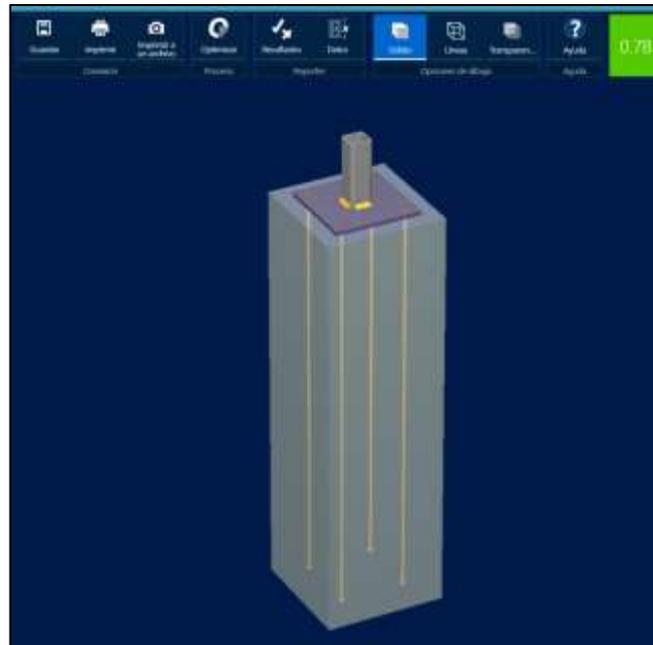


Ilustración 12-4: Modelo de placa base diseñada

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.8 Resultados de la construcción e implementación del sistema de almacenamiento de agua

Mediante el procedimiento establecido en el apartado 3.7.1 se obtiene la estructura metálica de la torre para el tanque elevado con su respectiva cimentación (zapata y placa base) como se muestra en la Ilustración 13-4 e Ilustración 14-4, mientras que en el apartado 3.7.2 se realizó las conexiones hidráulicas necesarias como se observa en la Ilustración 15-4.



Ilustración 13-4: Cimentación

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022



Ilustración 14-4: Estructura metálica de la torre

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022



Ilustración 15-4: Conexiones hidráulicas

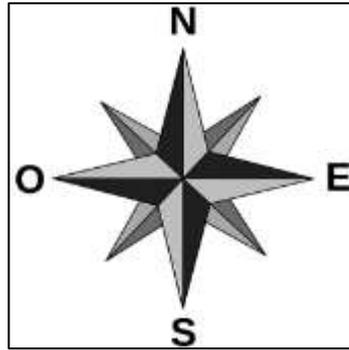
Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.9 Resultados de la examinación de las juntas soldadas mediante líquidos penetrantes

De acuerdo con el procedimiento establecido en el apartado 3.8, en la Tabla 6-4 se muestra el resultado de la primera examinación de las juntas soldadas mediante la técnica de líquidos penetrantes.

Tabla 6-4: Reporte de examinación mediante líquidos penetrantes inicial

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS REPORTE DE EXAMINACIÓN MEDIANTE LÍQUIDOS PENETRANTES					
Código:	END-RG-PT-22-08	Rev. 1	Reporte No. 1	END-RG-PT-22-01-001	Fecha: 9 de Agosto de 2022
1. Información Equipo					
Cliente: Edwin Patricio Paredes Moyano					
Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONDICIONES ADECUADAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL ESTABLO DE LA FINCA LOS ROSALES, PARROQUIA ALLURIQUÍN			Lugar: Alluriquín	
Equipo:	TORRE	Material: A500 Gr B	Perfil: Cuadrado 2" x 3 [mm]	Espesor: 3 [mm] / 1,5 [mm]	
Código de diseño:	NEC-SE-AC (ESTRUCTURAS DE ACERO)	Presión de diseño:	N/A	Presión máxima de operación:	N/A
2. Material Utilizado para el ensayo					
	Removedor	Penetrante	Revelador		
Marca:	Magnaflux	Magnaflux	Magnaflux		
Codificación:	SKC-S	SKL-SP2	SKD-S2		
Tipo:	II (Líquido penetrante coloreado visible)				
Método:	C (Removible con solvente)				
Tiempo de penetración:	10 [min]	Tiempo de revelado	10 [min]		
Observaciones:	Temperatura permitida para el ensayo 5 °C a 50 °C				
3. Condiciones del Examen					
Condición superficial:	Limpieza mecánica (grata)	Ítem a inspeccionar:	Soldadura (SMAW)	Material:	A500 Gr B
Tipo de Iluminación:	Natural	Nivel de iluminación:	1500 Lux	Temperatura:	32 °C
Criterio de Aceptación:	AWS D1.1	Código para ejecución del ensayo:	AWS D1.1	Firma:	
Inspeccionado por:	Ing. Joffre Trujillo; Examinador PT nivel II / Q.I-PT-027/19				
4. Inspección.					
4.1. Identificación del Ítem					



4.2.Resultado

N°	EQUIPO	JUNTA No.	Perfil	SOLDADOR	DISCONTINUIDAD		RESULTADO
					LONG	TIPO	
1	Torre	J-01-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
2	Torre	J-02-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
3	Torre	J-03-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
4	Torre	J-04-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
5	Torre	J-05-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
6	Torre	J-06-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
7	Torre	J-07-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
8	Torre	J-08-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
9	Torre	J-09-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
10	Torre	J-10-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
11	Torre	J-11-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
12	Torre	J-12-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
13	Torre	J-13-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
14	Torre	J-14-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
15	Torre	J-15-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
16	Torre	J-16-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
17	Torre	J-01-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
18	Torre	J-02-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
19	Torre	J-03-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
20	Torre	J-04-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
21	Torre	J-05-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
22	Torre	J-06-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
23	Torre	J-07-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
24	Torre	J-08-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
25	Torre	J-09-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
26	Torre	J-10-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
27	Torre	J-11-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
28	Torre	J-12-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
29	Torre	J-13-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
30	Torre	J-14-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
31	Torre	J-15-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	REPARAR
32	Torre	J-16-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
33	Torre	J-01-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
34	Torre	J-02-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
35	Torre	J-03-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
36	Torre	J-04-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
37	Torre	J-05-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
38	Torre	J-06-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
39	Torre	J-07-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
40	Torre	J-08-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO

41	Torre	J-09-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
42	Torre	J-10-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
43	Torre	J-11-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
44	Torre	J-12-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
45	Torre	J-13-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
46	Torre	J-14-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
47	Torre	J-15-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
48	Torre	J-16-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
49	Torre	J-01-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REAPARAR
50	Torre	J-02-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
51	Torre	J-03-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
52	Torre	J-04-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
53	Torre	J-05-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
54	Torre	J-06-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
55	Torre	J-07-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
56	Torre	J-08-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
57	Torre	J-09-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
58	Torre	J-10-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
59	Torre	J-11-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
60	Torre	J-12-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
61	Torre	J-13-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	POROSIDAD	REPARAR
62	Torre	J-14-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
63	Torre	J-15-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
64	Torre	J-16-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO

5. ANEXO FOTOGRÁFICO

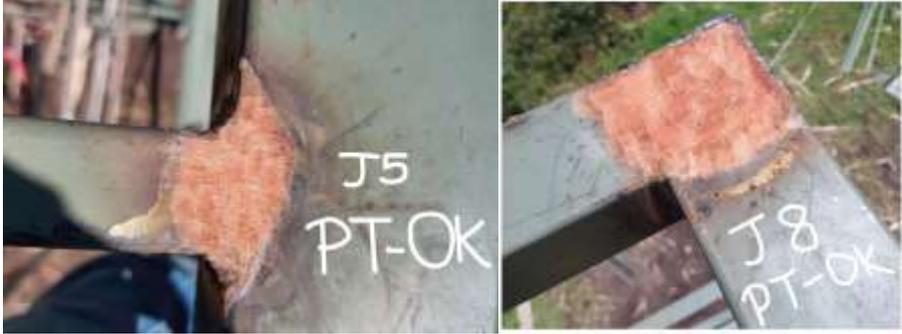
5.1. Inspección visual y limpieza



5.2. Aplicación del penetrante:



5.3. Aplicación del Revelador y evaluación

	
Realizado por:	Aprobado por:
	
Nombre: Ing. Joffre Trujillo	Nombre: Ing. Joffre Trujillo
Fecha: 09/08/2022	Fecha: 09/08/2022

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

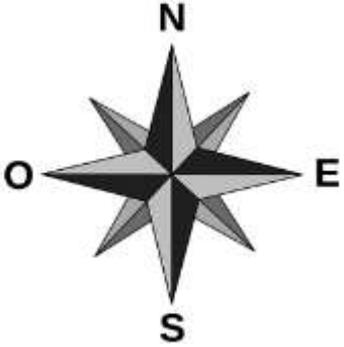
Los resultados del primer reporte muestran la evidencia de defectos de porosidad en algunas de las juntas evaluadas debido muy probablemente al humedecimiento de los electrodos, es decir que no cumplen con los criterios de aceptación.

Considerando la recomendación del examinador se usa un termo porta electrodos para evitar nuevamente los defectos encontrados, una vez que se lleva a cabo la reparación de las juntas, se realiza nuevamente el ensayo de líquidos penetrantes.

En la Tabla 7-4 se muestra los resultados de la segunda examinación mediante la técnica de líquidos penetrantes a las juntas reparadas de la estructura de la torre.

Tabla 7-4: Reporte de examinación mediante líquidos penetrantes final

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS					
REPORTE DE EXAMINACIÓN MEDIANTE LÍQUIDOS PENETRANTES					
Código:	END-RG-PT-22-08	Rev. 2	Reporte No. 2	END-RG-PT-22-01-001	Fecha: 12 de Agosto de 2022
1. Información Equipo					
Cliente: Edwin Patricio Paredes Moyano					
Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONDICIONES ADECUADAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL ESTABLO DE LA FINCA LOS ROSALES, PARROQUIA ALLURIQUIN			Lugar: Alluriquín	
Equipo:	TORRE	Material: A500 Gr B	Perfil: Cuadrado 2'' x 3 mm	Espesor: 3 mm / 1,5 mm	

Código de diseño:	NEC-SE-AC (ESTRUCTURAS DE ACERO)	Presión de diseño:	N/A	Presión máxima de operación:	N/A		
2. Material Utilizado para el ensayo							
	Removedor		Penetrante		Revelador		
Marca:	Magnaflux		Magnaflux		Magnaflux		
Codificación:	SKC-S		SKL-SP2		SKD-S2		
Tipo:	II (Líquido penetrante coloreado visible)						
Método:	C (Removible con solvente)						
Tiempo de penetración:	10 [min]		Tiempo de revelado		10 [min]		
Observaciones:	Temperatura permitida para el ensayo 5 °C a 50 °C						
3. Condiciones del Examen							
Condición superficial:	Limpieza mecánica (grata)	Ítem a inspeccionar:	Soldadura (SMAW)	Material:	A500 Gr B		
Tipo de Iluminación:	Natural	Nivel de iluminación:	1500 Lux	Temperatura:	32 °C		
Criterio de Aceptación:	AWS D1.1	Código para ejecución del ensayo:	AWS D1.1	Firma:			
Inspeccionado por:	Ing. Joffre Trujillo; Examinador PT nivel II / Q.I-PT-027/19						
4. Inspección.							
4.1. Identificación del Ítem							
 							
4.2. Resultado							
N°	EQUIPO	JUNTA No.	Perfil	SOLDADOR	DISCONTINUIDAD		RESULTADO
					LONG	TIPO	
1	Torre	J-03-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
2	Torre	J-09-N	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
3	Torre	J-01-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
4	Torre	J-08-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
5	Torre	J-09-S	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
6	Torre	J-02-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
7	Torre	J-07-E	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
8	Torre	J-01-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO

9	Torre	J-13-O	Cuadrado 2'' x 3 [mm]	W-02	-	-	APROBADO
5. ANEXO FOTOGRÁFICO							
5.1. Inspección visual y limpieza							
							
5.2. Aplicación del penetrante:							
							
5.3. Aplicación del Revelador y evaluación							
							
Realizado por:				Aprobado por:			
							
Nombre: Ing. Joffre Trujillo				Nombre: Ing. Joffre Trujillo			
Fecha: 12/08/2022				Fecha: 12/08/2022			

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

4.10 Resultados de las pruebas de operación del sistema de almacenamiento de agua.

Mediante las pruebas de operación realizadas en sitio al sistema implementado cuyo procedimiento se explica en el apartado 3.9 se obtiene las condiciones de caudal y presión para el establo, así como también las condiciones para encendido del calefón, estos resultados se comparan en la Tabla 8-4 con los resultados descritos en el apartado 4.2 en la Tabla 1-4, también se obtiene el porcentaje de error que presenta cada parámetro.

Tabla 8-4: Comparación de resultados del diseño del sistema de agua por gravedad

Parámetro	Caudal en el punto 2 [l/min]	Caudal en el punto 5 [l/min]	Presión en el punto 5		Caudal en el punto 6 [l/min]	Presión en el punto 6	
			[Pa]	[bar]		[Pa]	[bar]
Datos teóricos	26,06	53,11	29370	0,2937	27,67	25964	0,2596
Datos experimentales	28	50,76	30523	0,3052	26,38	27889	0,2789
Error porcentual	7 %	6 %	4 %		5 %	7 %	

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

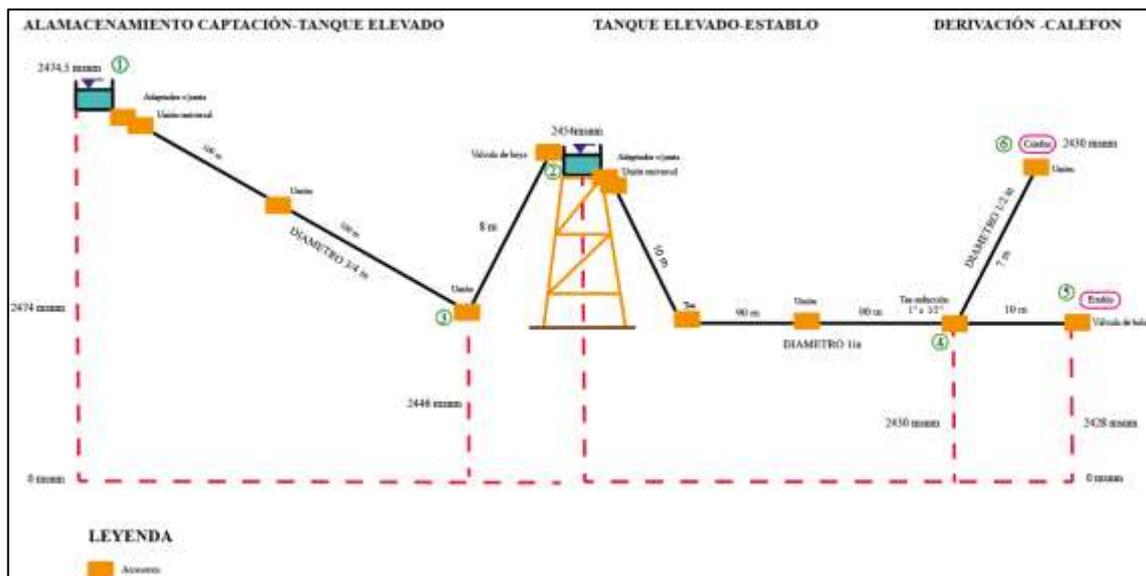


Ilustración 16-4: Puntos de análisis del sistema de agua por gravedad

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Esta comparación permite determinar que las condiciones de caudal y presión son adecuadas para brindar un adecuado funcionamiento del establo y para los parámetros de encendido del calefón.

4.11 Resultados de la evaluación de costos

Los costos necesarios para llevar a cabo el presente proyecto se analizan en el apartado 3.10 tomando en cuenta tanto los costos directos como indirectos, los costos totales se muestran en la Tabla 9-4.

Tabla 9-4: Costos totales

Descripción	Valor (\$)
Costos directos	1956,624
Costos indirectos	195,66
Total	2152,284

Realizado por: Paredes, Edwin, 2022

Por lo tanto el costo total estimado invertido en el proyecto es de 2152,284 dólares al momento de la construcción e instalación del sistema de almacenamiento de agua.

CONCLUSIONES

- Aplicando el diseño conceptual se obtuvo en base a la matriz morfológica y el método ordinal de criterios ponderados, la alternativa más adecuada para el sistema de almacenamiento de agua, que consta de una captación tipo superficial, un tanque de almacenamiento cónico, una conducción de agua mediante tubería de polietileno de baja densidad (manguera) y un suministro del recurso hídrico por gravedad.
- El diseño hidráulico permitió conseguir las condiciones teóricas adecuadas de funcionamiento suministrando un caudal de 53 [l/min] y una presión de 0,294 [bares] en el establo, condiciones que permiten realizar las actividades de limpieza en un tiempo de 15 [min], así como un caudal de 28 [l/min] y una presión de 0,26 [bares] para el encendido del calefón, mismo que permite realizar el lavado de 5 recipientes de 40 [l] para el almacenamiento de la leche en un tiempo de 15 [min].
- Tras el análisis hidráulico se obtuvo una altura idónea para el tanque elevado de 7 [m] con lo cual se logró diseñar y construir la torre de soporte mediante el método de elementos finitos, consiguiendo un esfuerzo máximo de Von Mises de 23,205 [Ksi], una deformación máxima de 5,028 [mm] y un factor de seguridad global de 1,6 en SAP 2000, de la misma forma en el software Ansys se obtuvo un esfuerzo máximo de Von Mises de 23,533 [Ksi], una deformación máxima de 5,279 [mm] y un factor de seguridad global de 1,7, valores que son aceptables para la estructura diseñada .
- El montaje e instalación de la torre de soporte se llevó a cabo aplicando 6 tipos de juntas de acuerdo con el WPS N°1 para la soldadura de las columnas y celosía, y un tipo de junta para la soldadura de la escalera de servicio y pasamanos de acuerdo con el WPS N°2, obteniéndose un muy buen acabado superficial en las juntas, considerando como factor clave la exactitud en los cortes de los perfiles para cada sección de la torre.
- La examinación de todas las juntas soldadas de la torre de soporte mediante líquidos penetrantes permitió determinar la calidad de las juntas de la estructura metálica, examinando 9 juntas al inicio de la construcción las cuales presentaron defectos de porosidad que de acuerdo con el Examinador PT nivel II se debieron al humedecimiento de los electrodos, por lo cual se siguió la recomendación de utilizar un termo porta electrodos después de lo cual se

corrigió las juntas y se realizó nuevamente la examinación obteniendo la aprobación de todas la juntas soldadas.

- Las pruebas de operación realizadas al sistema implementado dieron como resultado un caudal de 50 [l/min] y una presión de 0,305 [bares] para el suministro de agua para la limpieza del establo con un error porcentual respecto a los datos teóricos del 6 % y 4 % respectivamente, así como un caudal de 30 [l/min] y una presión de 0,273 [bares] para el encendido del calefón con un error porcentual de 5% y 7% respectivamente, esto determinó que las condiciones con las que llega el agua a cada punto de interés planteado al inicio del proyecto son las adecuadas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el software ETABS para el diseño de estructuras de acero.
- Es recomendable que para futuros trabajos se estudie la ecuación de Hazen-Williams para los cálculos hidráulicos.
- Se recomienda trabajar en el estudio de un sistema que consista en atrapar el estiércol del ganado producto de realizar la limpieza en el establo mediante agua, con el fin de utilizar este como abono natural en los potreros de la finca los Rosales.

BIBLIOGRAFÍA

AISC, *Specification for Structural Steel Buildings(ANSI/AISC 360-10)* [en línea]. Chicago: s.n. [Consulta: 20 mayo 2022]. 2010. pp.439-444 .Disponible en: <https://www.aisc.org/Specification-for-Structural-Steel-Buildings-ANSIAISC-360-10-2010>.

ALVARADO, D.M. y VARAS, S.A., *Mejoramiento del Diseño Hidráulico del sistema de agua por gravedad sin tratamiento, Caserío Allacday, Otuzco, 2018* [en línea]. Trujillo: Universidad César Vallejo. 2019. pp. 18-20 . [Consulta: 1 mayo 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/38049>.

AMOROSO, E.A. y URGILEZ, M.S., *Diseño de una torre metálica para un depósito de agua* [en línea]. Cuenca: Universidad de Cuenca. 2010. [Consulta: 5 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/734>.

ANALUISA, E.A., *Implementación de un módulo didáctico de fluido hidráulico para la visualización y análisis de pérdida por fricción en tuberías en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2017* [en línea]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. 2017. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4373/3/PI-000578.pdf>.

ARNALICH, S., *Abastecimiento de agua por gravedad* [en línea]. 1 ed. S.l.: s.n. [Consulta: 25 julio 2022]. 2008. ISBN 978-84-612-1838-7. pp.1-11 .Disponible en: <https://books.google.es/books?id=QTW4KIQ6BUYC&lpq=PA1&dq=sistema de abastecimiento agua por gravedad &lr&hl=es&pg=PR2#v=onepage&q=sistema de abastecimiento agua por gravedad&f=false>.

ASCE, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* [en línea]. Virginia: s.n. [Consulta: 5 mayo 2022]. 2010. ISBN 978-0-7844-1085-1. pp.57-69 .Disponible en: <https://www.asce.org/publications-and-news/asce-7>.

ASTM, *Standar test method for liquid penetrant examination.E165-02*. S.l.: s.n. 1995. pp.1-10 .

AWS, *Código de soldadura estructural - acero(AWS D1.1/D1.1M:2015)* [en línea]. 23 ed. S.l.: s.n. 2015. ISBN 978-0-87171-864-8. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/qdownload/aws-d11->

2015-espanol-3-pdf-free.html.

CABARCAS, D.L. y BARRIOS, T.A., *Formulación de un sistema de abastecimiento de agua por método de bombeo* [en línea]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2020. pp. 5-7 . [Consulta: 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25173>.

ÇENGEL, Y. y CIMBALA, J., *Fluid Mechanics*. 1 ed. New York: McGraw-Hil. 2006. ISBN 0-07-247236-7. pp.172-206 .

CSI, 2022. Software SAP 2000. [en línea]. [Consulta: 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>.

DIPAC, *Cátalogo de acero* [en línea]. Manta: s.n. [Consulta: 20 mayo 2022]. 2015. pp.7-31 .Disponible en: <https://dipacmanta.com/>.

DIPAC, *Cátalogo de acero* [en línea]. Manta: s.n. [Consulta: 20 junio 2020]. 2020. pp.7-31 .Disponible en: <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>.

ESPINOZA, E.E., *Elaboración de una metodología para la detección de fallas en estructuras metálicas empleando técnicas no destructivas* [en línea]. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. 2019. [Consulta: 10 mayo 2022]. Disponible en: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16654/TESIS_PUCE_EDUARDO_ESPINOZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ESPINOZA, M., *Aplicación del método QFD para el diseño de un envase de geometría especial en el proceso de termoformado* [en línea]. S.l.: Universidad de la Rioja. 2015. pp. 46 . [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/95359>.

FORERO, L. y VELOZA, P., *Propuesta de sistema de suministro de agua potable para fincas agrícolas de la Vereda Guayabal* [en línea]. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. 2018. [Consulta: 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/>.

FRANCO, J.A., *Diseño del sistema de suministro de agua para la finca los Guadales* [en línea]. Bogotá: Universidad Libre. 2018. pp. 10-12 . [Consulta: 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/8108>.

GARCIA, L. y SCHLATTER, J., <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119024529014.pdf>. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* [en línea], 2012. vol. 7, pp. 456-464. [Consulta: 25 mayo 2022]. ISSN 1981-0997. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119024529014.pdf>.

GUERRERO, M., HERNANDIS, B. y BEGOÑA, V., Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos. *Ingeniare* [en línea], 2014. vol. 22, pp. 398-441. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v22n3/art10.pdf>.

GUERRERO, M. y LIZA, J.L., *Diseño de un sistema automatizado de abastecimiento de agua para el establo de la Empresa Lactea S.A* [en línea]. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. 2017. [Consulta: 5 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3515>.

INTEGRAL INNOVATION EXPERTS, 2022. Software Ansys. [en línea]. [Consulta: 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://integralplm.com/ansys/#que-es>.

MANZANAREZ, C., *Revisión de estados límite en estructuras* [en línea]. México: Universidad Autónoma de México. 2013. pp. 20-68 . [Consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2013/abril/0691611/0691611.pdf>.

MATAIX, C., *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. 2 ed. Ciudad de México: Ediciones del Castillo. 1986. ISBN 84-219-0175-3. pp.33-45 .

MIDUVI, *Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-DS)* [en línea]. S.l.: s.n. 2014a. pp.27-37 .Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>.

MIDUVI, *Norma Ecuatoriana de la construcción(NEC-SE-CM)* [en línea]. S.l.: s.n. 2014b. pp.40-48 .Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CM3.pdf>.

MIDUVI, *Norma Ecuatoriana de la construcción(NEC-SE-CG)* [en línea]. S.l.: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. [Consulta: 22 mayo 2022]. 2015. ISBN 0000000000. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-CG>

Cargas-Sísmicas.pdf.

MIDUVI, *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC)* [en línea]. Primera ed. Quito: s.n. [Consulta: 20 mayo 2022]. 2016. ISBN 9942-951-47. pp.4-68 .Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-3-ACERO.pdf>.

MOTT, R. y UNTENER, J., *Mecánica de Fluidos*. 7 ed. Ciudad de México: Pearson Educación. 2015. ISBN 978-607-32-3288-3. pp.117-263 .

MUNSON, B., YOUNG, D. y OKIISHI, T., *Fundamentos de mecánica de fluidos*. Primera ed. México: Editorial Limusa. 1999. ISBN 968-18-5042-4. pp.449-521 .

OLAYA, E., CORTÉS, C. y DUARTE, O., Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano. *Ingeniería e Investigación* [en línea], 2005. pp. 30-38. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325105>.

ORTIZ, L.R., *Análisis y diseño de un galpón metálico en el programa SAP 2000, bajo las normas del AISC-360 y la NEC-15, ubicado en el Km 1 ½ vía Durán Jujan, en el cantón Durán, de la Provincia del Guayas* [en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2018. pp. 55-87 . [Consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/355980830_Analisis_y_Disenio_de_un_Galpon_Metalico_en_el_Programa_SAP_2000_bajo_las_Normas_del_AISC-360_y_la_NEC-15_ubicado_en_el_KM_1_12_Via_Duran_Jujan_en_el_Canton_Duran_de_la_Provincia_del_Guayas.

ORTIZ, S., PEDROZA, A. y MARTINEZ, E., Análisis morfológico de patentes para desarrollar un producto de seguridad vehicular. *Journal of Technology Management & Innovation* [en línea], 2013. vol. 8, pp. 105-116. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN 0718-2724. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v8s1/art65.pdf>.

PLASTIGAMA, 2019. Tanques. [en línea]. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://plastigamawavin.com/wp-content/uploads/2019/08/Tanques-Triptico-2019.pdf>.

PLASTIGAMA, 2021. Catálogo de productos edificación. [en línea]. Disponible en: <https://www.wavin.com/es-ec/catalogos-de-producto/edificacion>.

RAMÍREZ, F.A., *Diseño e instalación de sistema de bombeo automatizado para el abastecimiento de agua en finca ganadera* [en línea]. S.l.: Universidad Latina de Costa Rica. 2020. pp. 4-5 . [Consulta: 2 mayo 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12411/340>.

RIVA, C., *Diseño Concurrente* [en línea]. 1 ed. Barcelona: Edicions UPC. [Consulta: 14 mayo 2022]. 2002. ISBN 84-8301-598-6. pp.172-184 .Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36754/9788498800746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RODAS, H., *Estructuras I* [en línea]. Cuenca: Univesidad de Cuenca. [Consulta: 22 mayo 2022]. 2014. ISBN 978-9978-14-244-8. pp.25-29 .Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/693803.pdf>.

RODRÍGUEZ, E.E., *Análisis y diseño comparativo entre una torre autosoportada triangular de 40m de altura con montantes UV y una con montantes circulares* [en línea]. Cuenca: Universidad de Cuenca. 2015. pp. 24-104 . [Consulta: 19 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21262>.

SEELY, F. y SMITH, J., *Resistencia de Materiales*. Segunda ed. México: Union Tipografica Editorial Hispano America. 1967. pp.88-98 .

SPLENDID, *Cátalogo de prodcutos* [en línea]. 2020. 2020. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.splendid.cl/>.

STANDARD BRITISH, *Structural use of concrete(BS-8110)* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 20 mayo 2022]. 1997. Disponible en: <https://crcrecruits.files.wordpress.com/2014/04/bs8110-1-1997-structural-use-of-concrete-design-construction.pdf>.

YÉPEZ, Á.H., *Modelación y evaluación del sistema de agua de consumo humano de la comunidad Niño Loma, perteneciente a la parroquia Pungalá. Propuestas de mejora* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2019. pp. 2 . [Consulta: 1 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13242/1/15T00720.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: CATÁLOGO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE POLIETILENO PLASTIGAMA

TANQUE CILÍNDRICO HORIZONTAL
USO SUPERFICIAL
NUEVAS
DIMENSIONES

- Bases planas, que permiten mayor estabilidad.
- Hermético, con tapa de traba.



Especificaciones Técnicas



CAPACIDAD LITROS	D mm	B mm	L mm	H mm	A mm	Peso kg	Peso con agua kg
500	800	-	1145	860	315	-	-
1300	1065	-	1635	1115	650	-	-
2500	1460	1220	1946	1550	550	98	2598
5000	1500	1254	3327	1580	550	176	5176

TANQUE APILABLE CÓNICO
USO SUPERFICIAL

- Apilable, permite el ahorro de espacio al almacenar.



Especificaciones Técnicas



Capacidad litros	A 1 mm	A 2 mm	H litros total mm
250	835	590	860
500	1150	710	1080
1000	1241	995	1200
2000	1630	1180	1610

Calefones Tiro Natural



MAS+ER.



-  + SEGURIDAD
-  + AHORRO
-  + COMODIDAD

Calefón Automático de 8 litros

Características Generales

- Único con embalaje 100% reciclable.
- Doble perilla para mayor control de temperatura agua y gas.
- Encendido automático: sin llama piloto.
- Serpentin 100% cobre.
- Encendido con 0,25 bar y 3,2l/min.
- Múltiples sistemas de seguridad.
- Dispositivo antirretorno de gases.
- Disponible en gas natural y gas licuado.
- 2 años de garantía.

Sistemas de Seguridad

- Sensor anti-retorno de gases: Para la correcta evacuación de gases.
- Sensor de llama: Detiene automáticamente el paso de gas ante ausencia de llama.
- Doble corte automático de gas.
- Sensor de temperatura para evitar el sobrecalentamiento.
- Válvula de sobrepresión.
- Encendido progresivo (doble chispero).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo		MASTER 8L
Código producto GLP		600052667G
Código producto GN		600052675G
Capacidad		8L/min
Certificador		CESMEC
Potencia útil nominal	kW	13,5
Consumo térmico nominal (PCI)	kW	15,5
Consumo térmico mínimo	kW	8,5
Presión alimentación de gas GLP/GN (*)	mbar	20/20
Resaca de conexión de gas y agua	ISD 22B	G1/2"
Presión de encendido mínima de agua	bar	0,25
Presión de encendido máxima de agua	bar	0,30
Caudal de agua para encendido	l/min	3,2
Presión máxima de agua	bar	10
Distancia entre conexiones de agua	mm	138
Dimensiones: ancho / profundidad / alto	mm	300/160/540
Diámetro ducto	pulg	4
Peso neto / Pesobrutito	kg	5,5/6,7
Incremento de temperatura del agua	°C	25
Pilas alcalinas 1,5V tipo D (2 unidades)	V	3

(*) GLP: gas licuado petróleo / GN: gas natural

SI USTED NECESITA AGUA CALIENTE EN:

	8 Litros
Un lavaplatos o un lavamanos	 
Una ducha	

ACCESORIOS QUE INCLUYE

INCLUYE 2 FLEXIBLES CORRUGADOS (30cm)

 Análisis  Recomendable

ANEXO C: CATÁLOGO DE PERFILES DE ACERO DIPAC

ANGULOS



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

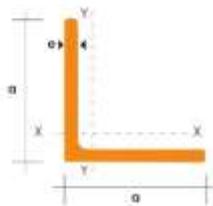
Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36- SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	55.60	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	55.60	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable





DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

DISERVICIOS

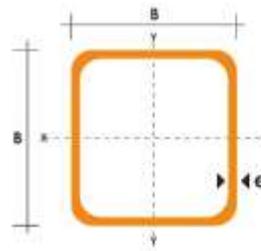
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2.0mm a 3.0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,46	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,48	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,58
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,38
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,89
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,38	270,57	54,11	3,84



ANEXO D: CATÁLOGO VARILLA CORRUGADA DIPAC

PERFILES

PERFILES LAMINADOS

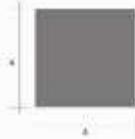


Especificaciones Generales:

Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m
Acabado:	Acero negro

*Otras calidades, otros largos y otros acabados previa consulta

VARILLA CUADRADA LISA



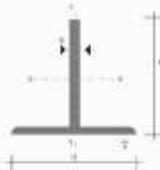
Denominación	Lado		Peso		Área
	A	kg/m	kg/6m	cm ²	
VCU 5/16	8,0	0,57	3,41	0,72	
VCU 3/8	9,0	0,64	3,83	0,81	
VCU 1/2	11,0	0,95	5,70	1,21	
VCU 5/8	15,0	1,77	10,60	2,25	
VCU 3/4	18,0	2,54	15,28	3,24	
VCU 24,5	24,5	4,72	28,30	5,00	

VARILLA REDONDA LISA



Denominación	D	Peso		Área
		kg/m	kg/6m	
VRL 5,5	5,5	0,34	2,04	0,43
VRL 8	8,0	0,50	2,96	0,63
VRL 10	10,0	0,62	3,70	0,79
VRL 12	12,0	0,89	5,33	1,13
VRL 15	15,0	1,39	8,32	1,77
VRL 18	18,0	2,00	11,98	2,55
VRL 22	22,0	2,98	17,90	3,80
VRL 24,5	24,0	3,70	22,20	4,71

TEES



Denominación	Dimensiones			Peso		Área
	A	B	a	kg/m	kg/6m	
TEE 20X3	20	20	3	0,96	5,40	1,15
TEE 25X3	25	25	3	1,19	7,14	1,52
TEE 30X3	30	30	3	1,41	8,48	1,80

VARILLA COORRUGADA



Diámetro nominal (mm)	Masa nominal (kg/m)	Dimensiones en su medida			
		Transversales (mm)		Longitudinal (mm)	
		Base	h	A	a
8	0,335	8,50	0,32	3,10	
10	0,617	7,00	0,40	3,00	
12	0,858	6,40	0,46	4,70	
14	1,256	9,60	0,67	5,50	
16	1,578	11,20	0,73	6,20	
18	1,996	12,60	0,86	7,00	
20	2,466	14,00	1,01	7,80	
22	2,984	15,40	1,11	8,60	
25	3,853	17,50	1,26	9,60	
28	4,834	19,60	1,39	11,00	
32	6,313	22,40	1,64	12,00	

ANEXO E: CATÁLOGO PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE DIPAC



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

PLANCHAS

PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales

- Norma:** Ver tabla
- Espesores:** 1,20mm a 100mm
- Rollos:** Ancho 1000, 1220, 1500, 1800
- Planchas:** 4 x 8 y a medida



Calidad Comercial

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS			NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

Calidad Estructural

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS					NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni Cr V	0,15-0,35 0,40-0,65 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max			205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max			250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max			250 min	400 min 550 max	20 min		

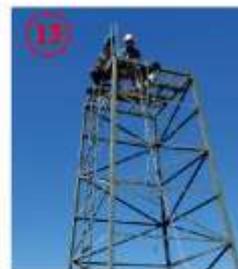
ANEXO F: PROCEDIMIENTO CIMENTACIÓN



ANEXO G: PROCEDIMIENTO CORTE DE PERFILES



ANEXO H: PROCEDIMIENTO DE MONTAJE E INSTALACIÓN





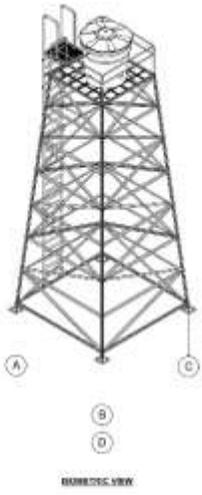
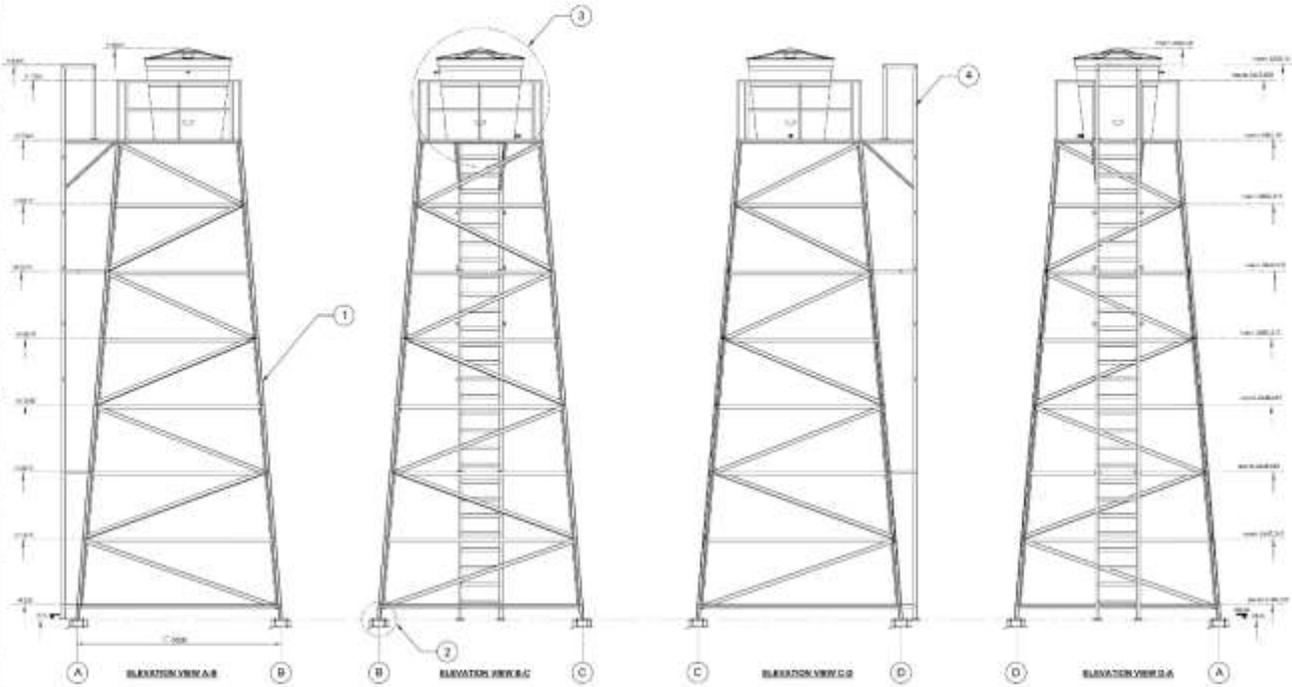
COMANDO 0001

TAG: THK-H 001

FINCA "LOS ROSALES"
 ELABORACIÓN DE PROYECTO

AGENCIARIA: []
 DISEÑO: []
 DISEÑO CAPACIDAD: []
 DISEÑO PRESIÓN: []
 DISEÑO TRAZADO: []
 DISEÑO PLANTA: []
 DISEÑO SECCIÓN: []
 DISEÑO DETALLE: []
 DISEÑO OBRAS: []

PROYECTO: []
 CLIENTE: []
 FECHA: []
 LUGAR: []
 ESCALA: []



NOTAS GENERALES / GENERAL NOTES

1. TODAS LAS DIMENSIONES SE DÁN EN METROS Y DECIMALES, SALVO LAS MARCADAS EN CONTRA.
2. LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
3. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
4. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
5. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
6. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
7. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
8. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
9. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
10. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
11. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
12. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
13. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
14. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
15. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
16. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
17. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
18. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
19. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).
20. EL DISEÑO DE LA TORRE DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (AISI 304).

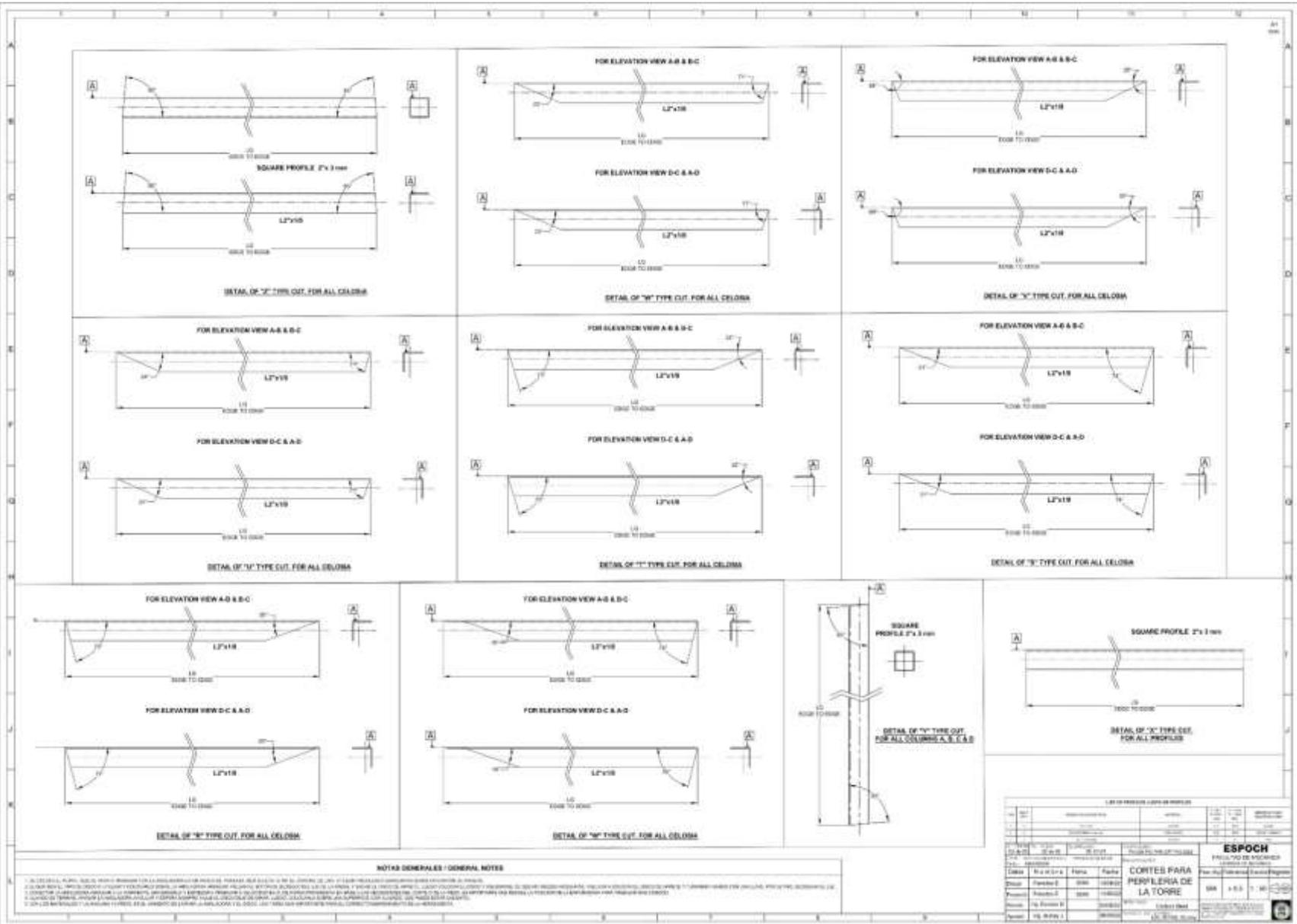
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	ACERO INOXIDABLE (AISI 304)	1000	KG	1000
2	TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN	1	M	100
3	PLATAFORMA DE ALTO	1	M ²	100
4	ESCALERA EXTERNA	1	M	100
5	PROTECCIÓN ANTIRRAYOS	1	M ²	100
6	PAVIMENTO DE CEMENTO	1	M ²	100
7	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
8	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
9	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
10	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
11	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
12	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
13	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
14	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
15	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
16	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
17	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
18	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
19	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100
20	REJILLA DE ALUMINIO	1	M ²	100

FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
01/01/2024	PROYECTO	[]	[]	[]
02/01/2024	DISEÑO	[]	[]	[]
03/01/2024	CONSTRUCCIÓN	[]	[]	[]

ESPOCH
 INGENIEROS DE INGENIERÍA
 CIVIL Y MECÁNICA

TORRE HIDROSTÁTICA ROSALES

ESPOCH S.A.S. - C.R. - CANTÓN ROSALES
 VIALA, 1000
 TEL: +593 9 9500 1000
 WWW.ESPOCH.COM



NOTAS GENERALES / GENERAL NOTES

1. En todos los casos, se debe verificar la compatibilidad de los materiales y la calidad de los acabados de acuerdo con el proyecto.

2. Se debe verificar la calidad de los materiales y la calidad de los acabados de acuerdo con el proyecto.

3. Se debe verificar la calidad de los materiales y la calidad de los acabados de acuerdo con el proyecto.

4. Se debe verificar la calidad de los materiales y la calidad de los acabados de acuerdo con el proyecto.

5. Se debe verificar la calidad de los materiales y la calidad de los acabados de acuerdo con el proyecto.

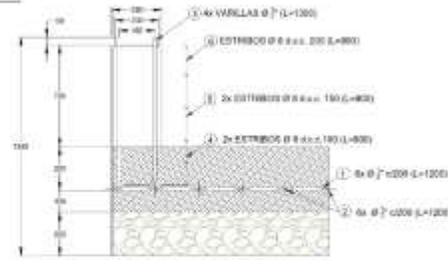
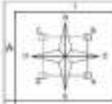
LISTA DE MATERIALES / LIST OF MATERIALS			
ITEM	DESCRIPCION / DESCRIPTION	CANTIDAD / QUANTITY	UNIDAD / UNIT
1	PERFILES DE ACERO / STEEL PROFILES		
2	...		
3	...		
4	...		
5	...		
6	...		
7	...		
8	...		
9	...		
10	...		
11	...		
12	...		
13	...		
14	...		
15	...		
16	...		
17	...		
18	...		
19	...		
20	...		
21	...		
22	...		
23	...		
24	...		
25	...		
26	...		
27	...		
28	...		
29	...		
30	...		
31	...		
32	...		
33	...		
34	...		
35	...		
36	...		
37	...		
38	...		
39	...		
40	...		
41	...		
42	...		
43	...		
44	...		
45	...		
46	...		
47	...		
48	...		
49	...		
50	...		

ESPOCH
 INSTITUTO DE INVESTIGACION
 TECNOLÓGICA DE GUAYAMA
 P.R. 00969

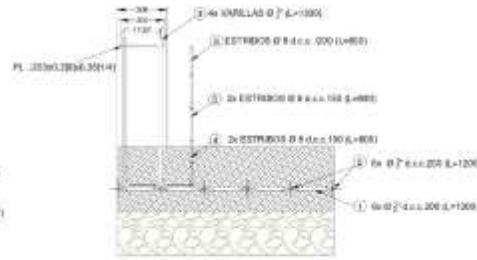
CORTES PARA PERIFERIA DE LA TORRE

PROYECTO: ...
 FECHA: ...
 ESCALA: ...

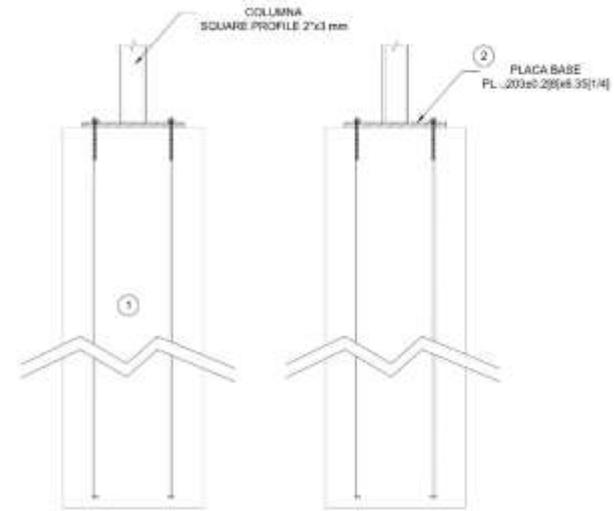
DETALLE ZAPATA AISLADA / INSULATED SHOE DETAIL



VISTA FRONTAL / FRONT VIEW

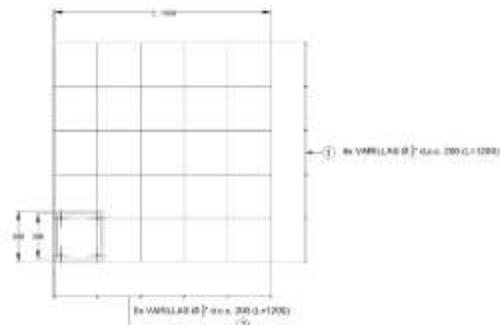


VISTA LATERAL IZQUIERDA / LEFT SIDE VIEW



VISTA LATERAL DERECHA / RIGHT SIDE VIEW

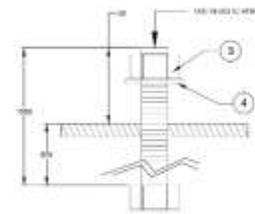
VISTA FRONTAL / FRONT VIEW



VISTA SUPERIOR / TOP VIEW

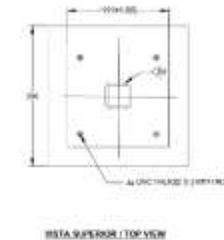
ESPECIFICACION DE PERFILES / PROFILE SPECIFICATIONS		
ITEM	SECCION / SECTION	ESPECIFICACION / SPECIFICATION
1	Ø 7	1200
2	Ø 8	1000
3	Ø 8	1000
4	Ø 8	1000
5	Ø 8	1000
6	Ø 8	1000

ZAPATA



DETALLE DE ANCLAJE / ANCHORAGE DETAIL

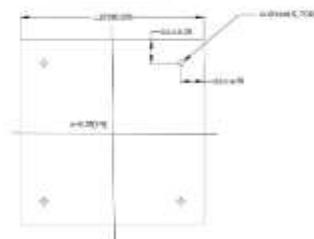
ESO-21



VISTA SUPERIOR / TOP VIEW



WELDING DETAILS / DETALLES DE SOLDADURA



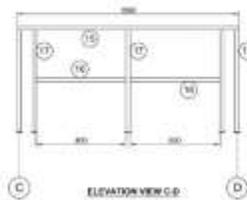
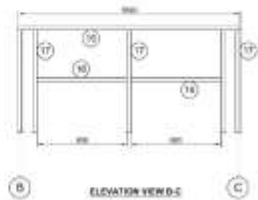
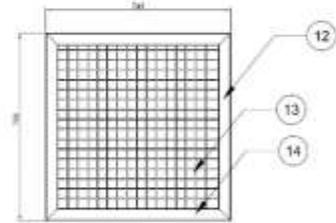
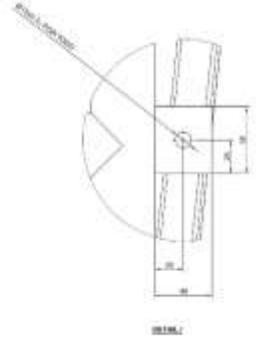
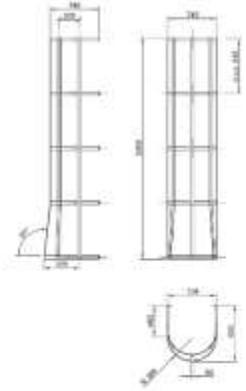
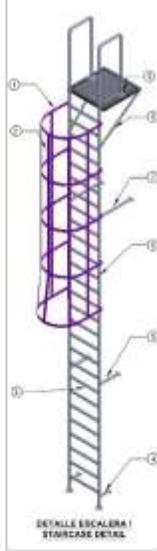
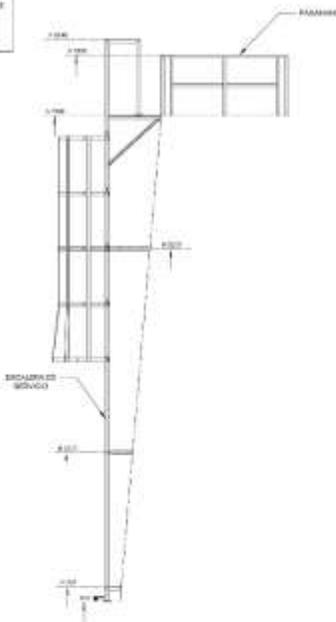
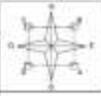
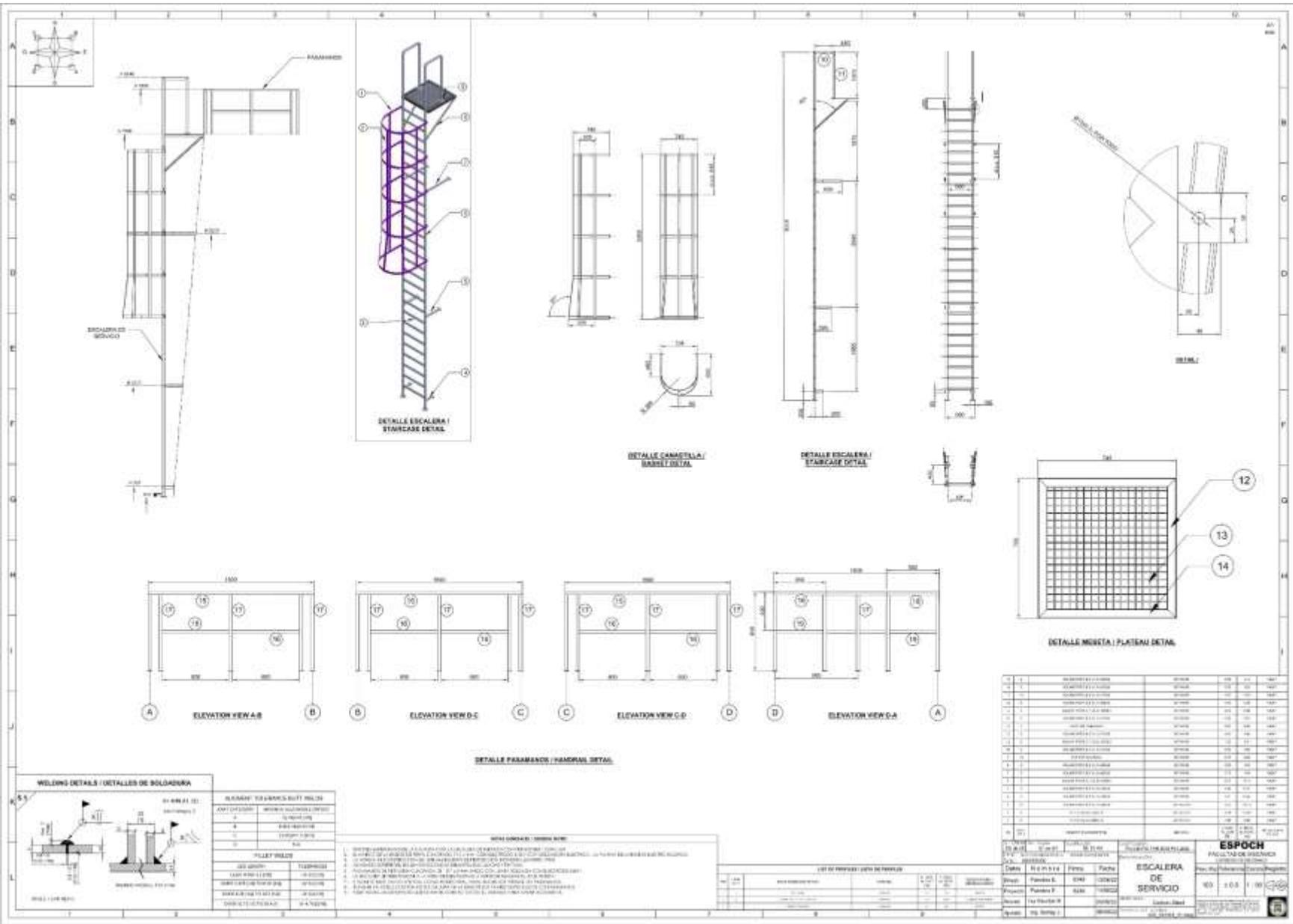
DETALLE PLACA BASE / BASE PLATE DETAIL

ITEM	DESCRIPCION / DESCRIPTION	CANTIDAD / QUANTITY	UNIDAD / UNIT	VALOR / VALUE	REMARKS / OBSERVACIONES
1	VARILLA Ø 7 L=1200	16	kg	16	
2	ESTRIBO Ø 8 d.c.c. 200 L=800	4	kg	4	
3	ESTRIBO Ø 8 d.c.c. 150 L=400	4	kg	4	
4	VARILLA Ø 7 c.c.c. L=1200	4	kg	4	
5	VARILLA Ø 7 c.c.c. L=1200	4	kg	4	

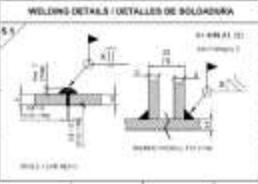
ITEM	DESCRIPCION / DESCRIPTION	CANTIDAD / QUANTITY	UNIDAD / UNIT	VALOR / VALUE	REMARKS / OBSERVACIONES
1	PLACA BASE PL. 203x629x6.35(1/4)	1	kg	1	

ITEM	DESCRIPCION / DESCRIPTION	CANTIDAD / QUANTITY	UNIDAD / UNIT	VALOR / VALUE	REMARKS / OBSERVACIONES
1	VARILLA Ø 7 L=1200	16	kg	16	
2	ESTRIBO Ø 8 d.c.c. 200 L=800	4	kg	4	
3	ESTRIBO Ø 8 d.c.c. 150 L=400	4	kg	4	
4	VARILLA Ø 7 c.c.c. L=1200	4	kg	4	
5	VARILLA Ø 7 c.c.c. L=1200	4	kg	4	

ESPOCH
 INSTITUCION DE INVESTIGACION
 TECNOLÓGICA DEL PERÚ
 ZAPATA AISLADA
 0450 A.S. T. 100



DETALLE PARAMOS / HANDRAIL DETAIL



ELEMENT TO BE WELDED BUTT JOINT	
JOINT LOCATION	WELDED JOINT LOCATION
W	WELDED JOINT
FLAT WELDS	
WELD SIZE	WELD SIZE

- NOTES: 1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS (MM) UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 2. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 3. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 4. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 5. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 6. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 7. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 8. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 9. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. 10. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

LIST OF MATERIALS / LISTA DE MATERIALES			
ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

ESPOCH
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCALERA DE SERVICIO
103 003 100

ANEXO J: INSTALACIÓN HIDRÁULICA



ANEXO K: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA ZAPATA AISLADA



Fecha Actual: 28/8/2022 18:24

Sistema de unidades: SI

Nombre del archivo: C:\Users\Usuario\OneDrive - ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO\Noveno\Integración Curricular\TORREZAPATA\zapata 2.fld

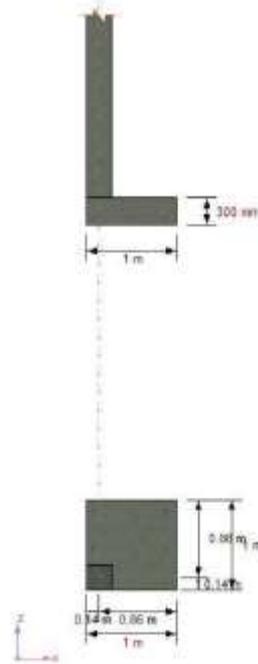
Resultados de Diseño

Zapatas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Estatus global : Bien
Código de diseño : ACI 318-2014
Tipo de zapata : Aislada
Tipo de columna : Concreto

Geometría



Longitud	1.00 [m]
Ancho	1.00 [m]
Espesor	0.30 [m]
Profundidad de la base	1.00 [m]
Área de la base	1.00 [m ²]
Volumen de la zapata	0.30 [m ³]
Longitud de la columna	280.00 [mm]
Ancho de la columna	280.00 [mm]

Posición de la columna respecto al c.g. de la zapata : Posterior Izquierda

Materiales			
Hormigón, f_c	: 0.03 [KN/mm ²]	Acero, f_y	: 0.41 [KN/mm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Recubrimiento epóxico	: No
Módulo de elasticidad hormigón	: 24.86 [KN/mm ²]	Módulo de elasticidad acero	: 199.95 [KN/mm ²]
Peso unitario	: 23.53 [KN/m ³]		

Suelo	
Coefficiente de balasto	: 30890.95 [KN/m ³]
Peso unitario (húmedo)	: 17.16 [KN/m ³]

Armadura de la zapata	
Recubrimiento libre	: 80.00 [mm]
Relación máxima permitida entre R_{ho}/R_{ho} balanceo	: 0.75
Armadura // a L (xx) inferior	: 3-#5 @ 420.00mm
Armadura // a L (xx) superior	: 3-#5 @ 420.00mm
Armadura // a B (zz) inferior	: 3-#5 @ 280.00mm (Zona 1)
Armadura // a B (zz) inferior	: 2-#5 @ 280.00mm (Zona 2)
Armadura // a B (zz) superior	: 3-#5 @ 280.00mm
Armadura // a B (zz) superior	: 2-#5 @ 280.00mm

Armadura de espera	
Armadura 1	: 4-#4
Recubrimiento libre	: 25.00 [mm]
Longitud de anclaje calcular	: a tracción
Número de barras // al eje x	: 2
Número de barras // al eje z	: 2
Estribos	: #3 @ 200.00mm
Número de ramas // al eje x	: 6
Número de ramas // al eje z	: 6

Estados de carga que intervienen en el diseño

Servicio:	
S1	: CM
S2	: CM+LL
S3	: CM+0.75LL
S4	: CM+0.6W
S5	: 0.6CM+0.6W
Límite último:	
D1	: 1.4CM
D2	: 1.2CM+1.6LL
D3	: 1.2CM+0.5W
D4	: 1.2CM+W
D5	: 1.2CM+LL+W
D6	: 0.9CM+W

Cargas

Estado	Axial [KN]	M _{xx} [KN*m]	M _{zz} [KN*m]	V _x [KN]	V _z [KN]
CM	1.67	-0.02	0.00	-0.28	0.34
W	7.98	-0.02	0.00	0.70	-0.74
LL	8.13	-0.02	0.02	0.84	-0.75

RESULTADOS:

Estatus Bien

Interacción suelo - fundación

Presión admisible	: 1.47E05 [N/m ²]
Factor de seguridad mín. para deslizamiento	: 1.25
Factor de seguridad mín. a vuelco	: 1.25

Estado gobernante : S2

Estado	q _{prom} [N/m ²]	q _{max} [N/m ²]	Δ _{max} [mm]	Área en compresión		Volteo		FS desliz.
				[m ²]	(%)	FS _x	FS _z	
S2	3.06E04	7.17E04	2.32	0.94	94	3.99	4.32	63.34

Flexión

Factor ϕ : 0.90
Cuantía mínima : 0.00180

Longitud de desarrollo

Eje	Pos.	ld [mm]	lhd [mm]	Dist1 [mm]	Dist2 [mm]
zz	Inf.	325.30	152.40	-80.00	640.00
xx	Inf.	542.17	189.76	-80.00	640.00
zz	Sup.	304.80	152.40	-80.00	640.00
xx	Sup.	304.80	152.40	-80.00	640.00

Eje	Pos.	Estado	Mu [KN*m]	ϕ *Mn [KN*m]	Asreq [mm ²]	Asprov [mm ²]	Asreq/Asprov	Mu/(ϕ *Mn)	
zz	Sup.	D4	-0.22	-46.19	2.82	600.00	0.005	0.005	<input type="text"/>
zz	Inf.	D6	0.00	46.19	0.00	600.00	0.000	0.000	<input type="text"/>
xx	Sup.	D5	-0.71	-69.76	9.75	1000.00	0.010	0.010	<input type="text"/>
xx	Inf.	D1	0.06	69.76	540.00	1000.00	0.540	0.001	<input type="text"/>

Cortantes

Factor ϕ : 0.75
Área de corte plano zz : 0.21 [m²]
Área de corte plano xx : 0.20 [m²]

Plano	Estado	Vu [KN]	Vc [KN]	Vu/(ϕ *Vn)	
xy	D5	0.87	171.10	0.007	<input type="text"/>
yz	D1	0.25	184.84	0.002	<input type="text"/>

Corte por punzonamiento

Factor ϕ : 0.75
Perímetro de corte (bo 1) : 0.76 [m]
Área de punzonamiento : 0.16 [m²]

Columna	Estado	Vu [KN]	Vc [KN]	Vu/(ϕ *Vn)	
columna 1	D5	9.81	272.06	0.048	<input type="text"/>

Notas aclaratorias:

- * El suelo bajo la zapata se considera elástico y homogéneo. Se asume una variación lineal de presión en el suelo.
- * La armadura requerida a flexión considera por lo menos la cuantía mínima.
- * En relación al diseño a flexión, el máximo momento de diseño se calcula en secciones críticas ubicadas en los paramentos del soporte
- * Sólo se toman en cuenta zapatas de sección constante con columnas rectangulares.
- * La resistencia lineal a corte se verifica en secciones críticas ubicadas a una distancia d (d = altura útil) a partir del paramento del soporte
- * La resistencia a punzonamiento se verifica en una sección perimetral ubicada a una distancia d/2 alrededor de las caras del soporte
- * No se considera armadura transversal en las zapatas.

* Los valores en rojo no cumplen con alguna provisión de la norma.

* q_{prom} = Presión promedio (compresión) sobre terreno.

* q_{max} = Máxima presión (compresión) sobre el terreno.

* Δ_{max} = asentamiento total máximo (considerando el suelo como material elástico por medio del coeficiente de balasto).

* M_n = Momento resistente nominal

* $\mu(\phi M_n)$ = Relación de resistencia.

* V_n = Fuerza nominal de corte o punzonamiento (para zapatas $V_n = V_c$).

* $\mu(\phi V_n)$ = Relación de resistencia a corte o punzonamiento.

ANEXO L: RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA PLACA BASE DE COLUMNA



Fecha Actual: 28/8/2022 17:41
 Sistema de unidades: Inglés
 Nombre del archivo: C:\Users\Usuario\OneDrive - ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO\Novenci\Integración Curricular\TORRE\PLACA BASE\placa base.rnx

Conexiones Metálicas

Resultados

Nombre de la conexión : Fixed biaxial BP
 ID de la conexión : 1

Familia: Columna - Base (CB)
 Tipo: Base plate
 Código de diseño: AISC 360-10 LRFD, ACI 318-08

SOLICITACIONES						
Descripción	Pu [kip]	Mu22 [kip*ft]	Mu33 [kip*ft]	Vu2 [kip]	Vu3 [kip]	Tipo de carga
CM	0.38	-0.01	0.00	-0.06	0.08	Design
LL	1.83	-0.01	0.01	0.19	-0.17	Design
W	1.80	-0.01	0.00	0.16	-0.17	Design
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Design
D1	0.52	-0.02	0.00	-0.09	0.11	Design
D2	3.37	-0.04	0.02	0.23	-0.18	Design
D3	1.35	-0.02	0.00	0.00	0.01	Design
D4	4.07	-0.04	0.02	0.27	-0.24	Design
D5	2.28	-0.03	0.01	0.11	-0.08	Design
D6	2.13	-0.02	0.00	0.10	-0.10	Design
D7	0.34	-0.01	0.00	-0.06	0.07	Design

Diseño en el eje mayor Placa base (AISC 360-10 LRFD)

CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS						
Dimensiones	Unidad	Valor	Valor min.	Valor max.	Est.	Referencias
<u>Placa base</u>						
Distancia del ancla al borde	[in]	0.87	0.25	-	✓	
Tamaño de soldadura	[1/16in]	5	2	-	✓	tabla J2.4
<u>VERIFICACIÓN DE DISEÑO</u>						
Verificación	Unidad	Capacidad	Solicitud	EC ctrl	Rel.	Referencias
<u>Pedestal</u>						
Aplastamiento por axial	[Kip/in ²]	3.04	0.00	CM	0.00	DG1 3.1.1;
<u>Placa base</u>						
Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento)	[Kip*ft/ft]	1.14	0.00	CM	0.00	DG1 Eq. 3.3.13
Flexión en fluencia (interfaz de tensión)	[Kip*ft/ft]	1.14	0.72	D4	0.63	DG1 Eq. 3.3.13
<u>Columna</u>						
Resistencia de la soldadura	[Kip/ft]	125.29	2.58	D4	0.02	p. 8-9, Sec. J2.5, Sec. J2.4,
Interacción de corte y axial en la soldadura	[Kip/ft]	125.29	9.25	D4	0.07	HSS Manual p. 7-10 p. 8-9, Sec. J2.5, Sec. J2.4
Relación					0.63	

**Diseño en el eje menor
Placa base (AISC 360-10 LRFD)**

CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS

Dimensiones	Unidad	Valor	Valor min.	Valor max.	Est.	Referencias
<u>Placa base</u>						
Distancia del ancla al borde	[in]	0.87	0.25	—	✓	
Tamaño de soldadura	[1/16in]	5	2	—	✓	tablo J2.4

VERIFICACIÓN DE DISEÑO

Verificación	Unidad	Capacidad	Solicitud	EC ctrl	Rel.	Referencias
<u>Pedestal</u>						
Aplastamiento por axial	[Kip/in ²]	3.04	0.00	CM	0.00	DG1 3.1.1;
<u>Placa base</u>						
Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento)	[Kip*in/in ³]	1.14	0.00	CM	0.00	DG1 Eq. 3.3.13
Flexión en fluencia (interfaz de tensión)	[Kip*in/in ³]	1.14	0.72	D4	0.63	DG1 Eq. 3.3.13
<u>Columna</u>						
Resistencia de la soldadura	[Kip/in]	125.29	2.58	D4	0.02	p. 8-9, Sec. J2.5, Sec. J2.4, HSS Manual p. 7-10
Interacción de corte y axial en la soldadura	[Kip/in]	125.29	10.25	D4	0.08	p. 8-9, Sec. J2.5, Sec. J2.4

Relación 0.63

**Eje mayor
Anclas**

CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS

Dimensiones	Unidad	Valor	Valor min.	Valor max.	Est.	Referencias
<u>Anclas</u>						
Espaciamiento entre anclas	[in]	6.00	1.00	—	✓	Sec. D.8.1
Recubrimiento de concreto	[in]	2.37	2.00	—	✓	Sec. 7.7.1
Longitud efectiva	[in]	37.16	—	37.84	✓	

VERIFICACIÓN DE DISEÑO

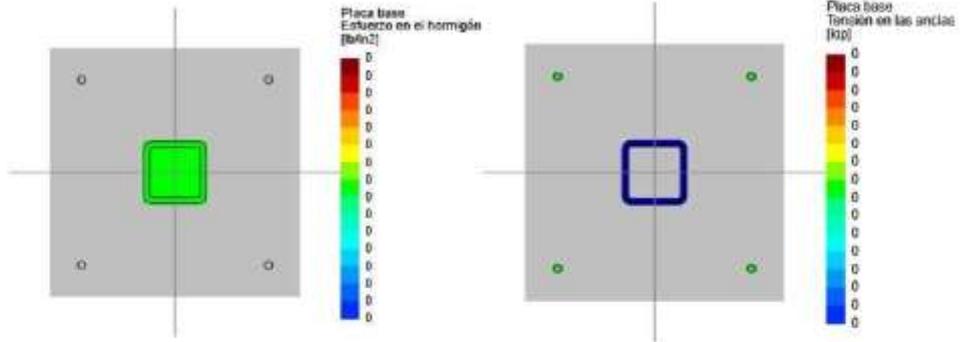
Verificación	Unidad	Capacidad	Solicitud	EC ctrl	Rel.	Referencias
Tensión en anclas	[Kip]	1.38	1.07	D4	0.78	Eq. D-3
Arrancamiento de ancla en tensión	[Kip]	5.91	1.07	D4	0.18	Eq. D-4, Sec. D.4.1.1
Arrancamiento de grupo de anclas en tensión	[Kip]	11.36	4.07	D4	0.36	Eq. D-5, Sec. D.4.1.1
Extracción por deslizamiento de ancla en tensión	[Kip]	3.66	1.07	D4	0.29	Sec. D.4.1.1
Desprendimiento lateral de ancla en tensión	[Kip]	3.03	1.07	D4	0.35	Sec. D.5.4.1, Sec. D.4.1.1
Desprendimiento lateral de grupo de anclas en tensión	[Kip]	8.47	2.07	D4	0.24	Eq. D-17, Sec. D.4.1.1
Corte en el ancla	[Kip]	0.72	0.09	D4	0.13	Eq. D-20
Arrancamiento de ancla a corte	[Kip]	0.97	0.07	D4	0.07	Sec. D.4.1.1
Arrancamiento de grupo de anclas a corte	[Kip]	2.67	0.27	D4	0.10	Sec. D.4.1.1
Desprendimiento de ancla a corte	[Kip]	11.83	0.07	D4	0.01	Eq. D-4, Sec. D.4.1.1
Desprendimiento de grupo de anclas a corte	[Kip]	22.73	0.27	D4	0.01	Eq. D-5, Sec. D.4.1.1
Interacción tensión corte	[Kip]	1.20	0.00	CM	0.00	Eq. D-3, Eq. D-4, Sec. D.4.1.1, Eq. D-5, Sec. D.5.4.1, Eq. D-17, Eq. D-20, Sec. D.7

Relación 0.78

		Eje menor Anclas					
CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS		Unidad	Valor	Valor mín.	Valor max.	Est.	Referencias
Dimensiones							
Anclas							
	Espaciamiento entre anclas	[in]	6.00	1.00	—	✓	Sec. D.8.1
	Recubrimiento de concreto	[in]	2.37	2.00	—	✓	Sec. 7.7.1
	Longitud efectiva	[in]	37.16	—	37.84	✓	

VERIFICACIÓN DE DISEÑO		Unidad	Capacidad	Solicitación	EC ctrl	Rel.	Referencias
Verificación							
	Tensión en anclas	[Kip]	1.38	1.07	D4	0.78	Eq. D-3
	Arrancamiento de ancla en tensión	[Kip]	5.91	1.07	D4	0.18	Eq. D-4, Sec. D.4.1.1
	Arrancamiento de grupo de anclas en tensión	[Kip]	11.36	4.07	D4	0.36	Eq. D-5, Sec. D.4.1.1
	Extracción por deslizamiento de ancla en tensión	[Kip]	3.66	1.07	D4	0.29	Sec. D.4.1.1
	Desprendimiento lateral de ancla en tensión	[Kip]	3.03	1.07	D4	0.35	Sec. D.5.4.1, Sec. D.4.1.1
	Desprendimiento lateral de grupo de anclas en tensión	[Kip]	8.47	2.12	D4	0.25	Eq. D-17, Sec. D.4.1.1
	Corte en el ancla	[Kip]	0.72	0.09	D4	0.13	Eq. D-20
	Arrancamiento de ancla a corte	[Kip]	0.97	0.06	D4	0.06	Sec. D.4.1.1
	Arrancamiento de grupo de anclas a corte	[Kip]	2.67	0.24	D4	0.09	Sec. D.4.1.1
	Desprendimiento de ancla a corte	[Kip]	11.83	0.06	D4	0.01	Eq. D-4, Sec. D.4.1.1
	Desprendimiento de grupo de anclas a corte	[Kip]	22.73	0.24	D4	0.01	Eq. D-5, Sec. D.4.1.1
	Interacción tensión corte	[Kip]	1.20	0.00	CM	0.00	Eq. D-3, Eq. D-4, Sec. D.4.1.1, Eq. D-5, Sec. D.5.4.1, Eq. D-17, Eq. D-20, Sec. D.7
	Relación		0.78				
	Relación de resistencia crítica global		0.78				

Biaxial
Máxima compresión (E)

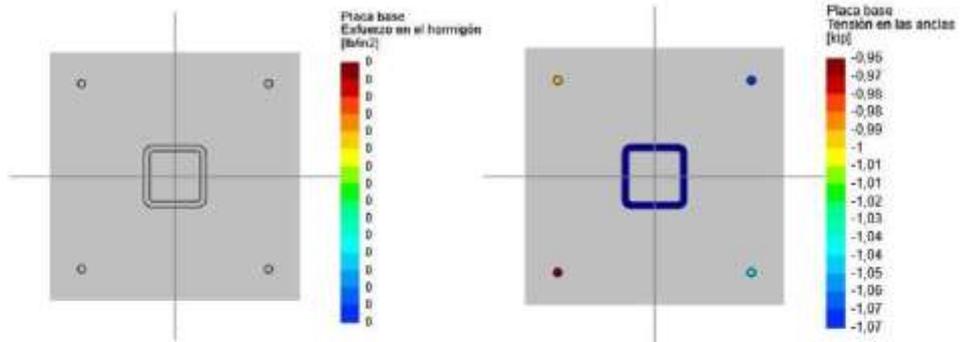


Máximo esfuerzo en el concreto	0.00	[lb/in ²]
Mínimo esfuerzo en el concreto	0.00	[lb/in ²]
Máxima tensión en las anclas	0.00	[kip]
Mínima tensión en las anclas	0.00	[kip]
Ángulo del eje neutro	0.00	[deg]
Longitud de aplastamiento	1,2E31	[in]

Tensiones en anclas

Ancla	Transversal [in]	Longitudinal [in]	Corte [kip]	Tensión [kip]
1	-3.00	-3.00	0.00	0.00
2	-3.00	3.00	0.00	0.00
3	3.00	3.00	0.00	0.00
4	3.00	-3.00	0.00	0.00

Máxima tensión (D4)



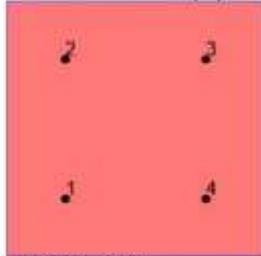
Máximo esfuerzo en el concreto	0.00	[lb/in ²]
Mínimo esfuerzo en el concreto	0.00	[lb/in ²]
Máxima tensión en las anclas	1.07	[kip]
Mínima tensión en las anclas	0.96	[kip]
Ángulo del eje neutro	111.90	[deg]
Longitud de aplastamiento	-65.89	[in]

Tensiones en anclas

Ancla	Transversal [in]	Longitudinal [in]	Corte [kip]	Tensión [kip]
1	-3.00	-3.00	0.07	0.96
2	-3.00	3.00	0.07	0.99
3	3.00	3.00	0.07	1.07
4	3.00	-3.00	0.07	1.04

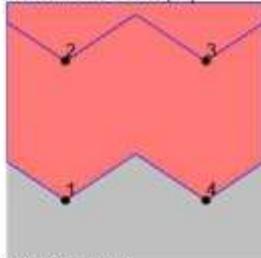
Eje mayor

Resultados para arrancamiento en tensión (D4)



Grupo	Área [in ²]	Tensión [kip]	Anclas
1	121.00	4.07	1, 2, 3, 4

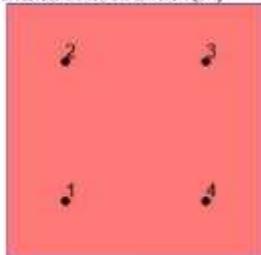
Resultados para arrancamiento a corte (D4)



Grupo	Área [in ²]	Corte [kip]	Anclas
1	140.25	0.27	1, 2, 3, 4
2	41.25	0.14	2, 3

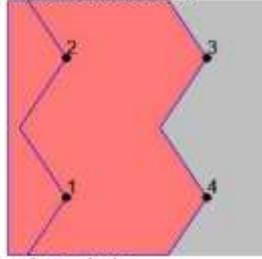
Eje menor

Resultados para arrancamiento en tensión (D4)



Grupo	Área [in ²]	Tensión [kip]	Anclas
1	121.00	4.07	1, 2, 3, 4

Resultados para arrancamiento a corte (D4)



Grupo	Área [m ²]	Corte [kip]	Anclas
1	41.25	0.12	1, 2
2	140.25	0.24	1, 2, 3, 4