



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA
DE CONSTRUCCIONES**

**“Análisis y diseño estructural de tres naves industriales con
comparación de costos de diseños definitivos”**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
Ingeniero Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones**

Autores:

Josué Esteban Faicán Vásquez

Andy Salvador Toledo Torres

Director:

Ing. David Ricardo Contreras Lojano

Cuenca-Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias por ser el pilar fundamental a lo largo de todo este proceso, a nuestros amigos por el apoyo incondicional en todo este tiempo.

Un agradecimiento especial al Ing. David Contreras, por haber sido tutor de este proyecto, que nos supo guiar en cada uno de los capítulos desarrollados.

Agradecemos también a los miembros del tribunal Ing. Esteban Cabrera y al Ing. Roberto Gamón que con sus enseñanzas dentro y fuera de las aulas, fueron un factor importante para la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

Queremos dedicar este trabajo a todas las personas que creyeron en nosotros, a nuestras familias por apoyarnos siempre.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
INDICE GENERAL	IV
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPITULO I	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 ANTESCEDENTES	1
1.1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.1.3 ALCANCE	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.3 MARCO TEÓRICO	2
CAPÍTULO II	9
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	9
2.1 GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A DISEÑAR	9
2.2 CARGAS	10
2.2.1 CARGAS PERMANENTES.	10
2.2.2 CARGAS VARIABLES.	10
2.2.3 CARGAS ACCIDENTALES.	13
2.3 COMBINACIONES DE CARGA	13
2.4 PARÁMETROS DE CÁLCULO	15
2.5 MODELACIÓN DE NAVE CON SUBESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA CON CELOSÍA.	23
2.5.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL	28
2.6 MODELACIÓN DE NAVE CON PERFILES DE ALMA LLENA	30
2.6.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL	34
2.7 MODELACIÓN DE NAVE DE CERCHAS EN TUBO ESTRUCTURAL	36
2.7.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL	41
CAPITULO III	43

DISEÑOS ESTRUCTURALES _____	43
3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO I _____	43
DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA _____	43
3.1.1 VIGA _____	43
3.1.2 CORREA _____	45
DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA _____	46
3.1.3 VIGAS DE ARRIOSTRE _____	46
3.1.4 COLUMNAS _____	53
DISEÑO DE LA CIMENTACION _____	60
3.1.5 ZAPATAS _____	60
3.1.6 VIGAS DE CIMENTACIÓN _____	70
3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO II _____	73
DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA _____	73
3.2.1 COLUMNA _____	73
3.2.2 VIGA CENTRAL _____	74
3.2.3 VIGA LATERAL _____	75
3.2.4 VIGA DE ARRIOSTRE _____	76
3.2.5 CORREA _____	77
3.2.6 PLACA BASE _____	78
DISEÑO DE CIMENTACIÓN _____	79
3.2.7 COLUMNETAS _____	79
3.2.8 ZAPATAS _____	80
3.2.9 VIGAS DE CIMENTACIÓN _____	87
3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO III _____	90
DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA _____	90
3.3.1 COLUMNAS _____	90
3.3.2 VIGAS _____	92
3.3.3 VIGAS DE ARRIOSTRE _____	94
3.3.4 CORREA _____	96
3.3.5 PLACA BASE _____	97
DISEÑO DE CIMENTACIÓN _____	97
3.3.6 COLUMNETAS _____	97
3.3.7 ZAPATAS _____	99
3.3.8 VIGAS DE CIMENTACIÓN _____	105
CAPITULO IV _____	108
DETERMINACIÓN DE COSTOS _____	108

4.1	COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO I	108
4.1.1	METRAJE Y CUBICAJE	108
4.1.2	PRESUPUESTO DE OBRA	113
4.2	COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO II	114
4.2.1	METRAJE Y CUBICAJE	114
4.2.2	PRESUPUESTO DE OBRA	118
4.3	COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO III	119
4.3.1	METRAJE Y CUBICAJE	119
4.3.2	PRESUPUESTO DE OBRA	123
CAPITULO V		124
COMPARACIÓN		124
5.1	ACERO	124
5.1.1	Ventajas	124
5.1.2	Desventajas	124
5.2	HORMIGÓN ARMADO	125
5.2.1	Ventajas	125
5.2.2	Desventajas	125
5.3	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	125
5.4	COSTOS	126
5.5	MÉTODOS CONSTRUCTIVOS	126
5.6	MANTENIMIENTO	127
5.7	CONCLUSIONES	128
5.8	RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFIA		130
ANEXOS		131
PRECIOS UNITARIOS		132
NAVE INDUSTRIAL TIPO I		132
NAVE INDUSTRIAL TIPO II		141
NAVE INDUSTRIAL TIPO III		150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades del Acero A36 _____	2
Tabla 2: Pesos Unitarios de Materiales de Construcción Fuente: NEC-15 _____	10
Tabla 3: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo. Fuente: NEC-15 _____	10
Tabla 4: Coeficiente de corrección σ _____	11
Tabla 5: Determinación del factor de forma c_f _____	12
Tabla 6: Determinación simplificada del factor de forma c_f _____	13
Tabla 7: Valor factor Z en función de la zona sísmica adoptada _____	16
Tabla 8: Poblaciones ecuatorianas y valor factor Z _____	16
Tabla 9: Tipo de perfil de suelo _____	17
Tabla 10: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a _____	18
Tabla 11: Tipo de suelo y Factores de sitio F_d _____	18
Tabla 12: Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del suelo F_s _____	19
Tabla 13: Coeficientes de configuración estructural en planta y elevación _____	21
Tabla 14: Factor de importancia I según el tipo de uso, destino e importancia _____	22
Tabla 15: Factor de reducción de resistencia sísmica _____	22
Tabla 16: Proporciones de participación de carga modal _____	28
Tabla 17: Proporciones de participación de masa modal _____	28
Tabla 18: Comparación de cortante basal dinámico y estático _____	28
Tabla 19: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático _____	29
Tabla 20: Proporciones de participación de carga modal _____	34
Tabla 21: Proporciones de participación de masa modal _____	34
Tabla 22: Comparación de cortante basal dinámico y estático _____	34
Tabla 23: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático _____	35
Tabla 24: Proporciones de participación de carga modal _____	41
Tabla 25: Proporciones de participación de masa modal _____	41
Tabla 26: Comparación de cortante basal dinámico y estático _____	41
Tabla 27: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático _____	42
Tabla 28: Descripción de vigas y su acero longitudinal requerido _____	46
Tabla 29: Fluencia del acero en vigas _____	47
Tabla 30: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas _____	48
Tabla 31: Verificación de cuantías en vigas _____	48
Tabla 32: Separación de varillas longitudinales en vigas _____	49
Tabla 33: Descripción de vigas _____	49
Tabla 34: Aporte del concreto y el acero en vigas _____	50

Tabla 35: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas _____	50
Tabla 36: Resistencia a cortante de la sección en vigas _____	51
Tabla 37: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas _____	52
Tabla 38: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas _____	52
Tabla 39: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas _____	52
Tabla 40: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas ____	52
Tabla 41: Cumplimiento de cuantías y cálculo de separación para columnas de 80x40 ____	54
Tabla 42: Cumplimiento de cuantías y cálculo de separación para columnas de 40x40 ____	54
Tabla 43: Fuerza axial y momento de columnas de 80x40 _____	55
Tabla 44: Fuerza axial y momento de columnas de 40x40 _____	55
Tabla 45: Aporte del concreto y el acero en columnas _____	58
Tabla 46: Área transversal mínima requerida por cortante en columnas _____	58
Tabla 47: Resistencia a cortante de la sección en columnas _____	58
Tabla 48: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de la columna _____	59
Tabla 49: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en columnas _____	59
Tabla 50: Separación de aceros de refuerzo en la parte central de la columna _____	59
Tabla 51: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en columnas	60
Tabla 52: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas _____	60
Tabla 53: Área asumida para zapatas _____	61
Tabla 54: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas _____	61
Tabla 55: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas _____	61
Tabla 56: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible _____	62
Tabla 57: Comprobación de medidas impuestas _____	62
Tabla 58: Dimensiones en planta propuestas para el plinto _____	62
Tabla 59: Valores de q en cada esquina del plinto _____	63
Tabla 60: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas _____	63
Tabla 61: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	64
Tabla 62: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	64
Tabla 63: Comprobación de Vu con Vc en X _____	65
Tabla 64: Comprobación de Vu con Vc en Y _____	65
Tabla 65: Resistencia del hormigone a punzonamiento en zapatas _____	67
Tabla 66: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	67
Tabla 67: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	68
Tabla 68: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas _____	69
Tabla 69: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas _____	69
Tabla 70: Descripción de vigas de arriostre y su acero longitudinal requerido _____	70

Tabla 71: Fluencia del acero en vigas de arriostre _____	70
Tabla 72: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arriostre _____	70
Tabla 73: Verificación de cuantías en vigas de arriostre _____	71
Tabla 74: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre _____	71
Tabla 75: Descripción de vigas de arriostre _____	71
Tabla 76: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre _____	71
Tabla 77: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre _____	71
Tabla 78: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre _____	72
Tabla 79: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre _____	72
Tabla 80: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre _____	72
Tabla 81: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre _____	72
Tabla 82: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre _____	72
Tabla 83: Dimensiones de placa base _____	78
Tabla 84: Dimensiones de columna _____	78
Tabla 85: Carga última y límite de fluencia de acero A36 _____	78
Tabla 86: Dimensiones de voladizo en sentido m _____	78
Tabla 87: Dimensiones de voladizo en sentido n _____	78
Tabla 88: Espesor de voladizo en sentido m _____	78
Tabla 89: Espesor de voladizo en sentido n _____	79
Tabla 90: Área de acero requerida para columneta _____	79
Tabla 91: Área de acero calculada para columneta _____	80
Tabla 92: Distribución de varillas longitudinales esquineras _____	80
Tabla 93: Distribución de varillas longitudinales centrales _____	80
Tabla 94: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas _____	80
Tabla 95: Área asumida para zapatas _____	81
Tabla 96: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas _____	81
Tabla 97: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas _____	81
Tabla 98: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible _____	81
Tabla 99: Comprobación de medidas impuestas _____	81
Tabla 100: Dimensiones en planta propuestas para el plinto _____	82
Tabla 101: Valores de q en cada esquina del plinto _____	82
Tabla 102: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas _____	83
Tabla 103: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	83
Tabla 104: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	83
Tabla 105: Comprobación de vu con Vc en X _____	84

Tabla 106: Comprobación de v_u con V_c en Y _____	84
Tabla 107: Resistencia del hormigón a punzonamiento en zapatas _____	84
Tabla 108: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	85
Tabla 109: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	86
Tabla 110: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas _____	86
Tabla 111: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas _____	86
Tabla 112: Descripción de vigas de arriostre y su acero longitudinal requerido _____	87
Tabla 113: Fluencia del acero en vigas de arriostre _____	87
Tabla 114: Cálculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arriostre _____	87
Tabla 115: Verificación de cuantías en vigas de arriostre _____	88
Tabla 116: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre _____	88
Tabla 117: Descripción de vigas de arriostre _____	88
Tabla 118: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre _____	88
Tabla 119: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre _____	89
Tabla 120: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre _____	89
Tabla 121: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre _____	89
Tabla 122: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre _____	89
Tabla 123: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre _____	89
Tabla 124: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre _____	89
Tabla 125: Dimensiones de placa base _____	97
Tabla 126: Dimensiones de columna _____	97
Tabla 127: Carga última y límite de fluencia de acero A36 _____	97
Tabla 128: Dimensiones de voladizo en sentido m _____	97
Tabla 129: Dimensiones de voladizo en sentido n _____	97
Tabla 130: Espesor de voladizo en sentido m _____	97
Tabla 131: Espesor de voladizo en sentido n _____	97
Tabla 132: Área de acero requerida para columneta _____	98
Tabla 133: Área de acero calculada para columneta _____	98
Tabla 134: Distribución de varillas longitudinales esquineras _____	98
Tabla 135: Distribución de varillas longitudinales centrales _____	98
Tabla 136: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas _____	99
Tabla 137: Área asumida para zapatas _____	99
Tabla 138: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas _____	99
Tabla 139: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas _____	99
Tabla 140: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible _____	99

Tabla 141: Comprobación de medidas impuestas _____	100
Tabla 142: Dimensiones en planta propuestas para el plinto _____	100
Tabla 143: Valores de q en cada esquina del plinto _____	100
Tabla 144: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas _____	101
Tabla 145: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	101
Tabla 146: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	101
Tabla 147: Comprobación de v_u con V_c en X _____	102
Tabla 148: Comprobación de v_u con V_c en Y _____	102
Tabla 149: Resistencia del hormigone a punzonamiento en zapatas _____	102
Tabla 150: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X _____	103
Tabla 151: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y _____	104
Tabla 152: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas _____	104
Tabla 153: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas _____	104
Tabla 154: Descripción de vigas de arriostre y su acero longitudinal requerido _____	105
Tabla 155: Fluencia del acero en vigas de arriostre _____	105
Tabla 156: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arriostre _____	105
Tabla 157: Verificación de cuantías en vigas de arriostre _____	106
Tabla 158: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre _____	106
Tabla 159: Descripción de vigas de arriostre _____	106
Tabla 160: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre _____	106
Tabla 161: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre _____	106
Tabla 162: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre _____	107
Tabla 163: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre ____	107
Tabla 164: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre ____	107
Tabla 165: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre ____	107
Tabla 166: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre _____	107
Tabla 167: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas _____	108
Tabla 168: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m _____	108
Tabla 169: Volumen de obra para cargado de material a máquina _____	108
Tabla 170: Volumen de obra para transporte de material de desalojo _____	109
Tabla 171: Volumen de obra para replantillo de hormigón pobre _____	109
Tabla 172: Volumen de obra para acero de refuerzo f_y 4200, cortado y doblado _____	109
Tabla 173: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm ² _____	110
Tabla 174: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento ____	110

Tabla 175: Volumen de obra para hormigón simple en Columnas f'c 210 kg/cm2 _____	110
Tabla 176: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado _____	111
Tabla 177: Volumen de obra para hormigón simple en Vigas f'c 210 kg/cm2 _____	111
Tabla 178: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado _____	111
Tabla 179: Volumen de obra para acero estructural _____	112
Tabla 180: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10% _____	112
Tabla 181: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia _____	112
Tabla 182: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales _____	112
Tabla 183: Presupuesto referencial Nave industrial tipo I _____	113
Tabla 184: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas _____	114
Tabla 185: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m _____	114
Tabla 186: Volumen de obra para cargado de material a máquina _____	114
Tabla 187: Volumen de obra para transporte de material de desalojo _____	115
Tabla 188: Volumen de obra para replantillo de hormigón pobre _____	115
Tabla 189: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado _____	115
Tabla 190: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm2 _____	116
Tabla 191: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento _____	116
Tabla 192: Volumen de obra para acero estructural _____	116
Tabla 193: Volumen de obra para placa base 600x250x12 mm _____	117
Tabla 194: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10% _____	117
Tabla 195: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia _____	117
Tabla 196: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales _____	117
Tabla 197: Presupuesto referencial Nave industrial tipo II _____	118
Tabla 198: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas _____	119
Tabla 199: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m _____	119
Tabla 200: Volumen de obra para cargado de material a máquina _____	119
Tabla 201: Volumen de obra para transporte de material de desalojo _____	120
Tabla 202: Volumen de obra para replantillo de hormigón pobre _____	120
Tabla 203: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado _____	120
Tabla 204: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm2 _____	121
Tabla 205: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento _____	121
Tabla 206: Volumen de obra para acero estructural _____	121
Tabla 207: Volumen de obra para placa base 600x250x12 mm _____	122

Tabla 208: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	122
Tabla 209: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia	122
Tabla 210: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	122
Tabla 211: Presupuesto referencial Nave industrial tipo III	123

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Nave Industrial Tipo I _____	9
Fig. 2: Nave Industrial Tipo II _____	9
Fig. 3: Nave Industrial Tipo III _____	10
Fig. 4: Cargas ingresadas al programa SAP-2000 _____	14
Fig. 5: Combinaciones de carga ingresadas al programa SAP-2000 _____	15
Fig. 6: Mapa de zonificación sísmica _____	15
Fig. 7: Mapa de zonificación sísmica _____	19
Fig. 8: Espectro sísmico elástico de aceleraciones _____	20
Fig. 9: Modelo tipología III _____	23
Fig. 10: Propiedades del material utilizado _____	24
Fig. 11: Columna exteriores generado en SAP-2000 _____	24
Fig. 12: Columna interiores generado en SAP-2000 _____	25
Fig. 13: Viga 1 generado en SAP-2000 _____	25
Fig. 14: Viga 2 generado en SAP-2000 _____	26
Fig. 15: Perfil principal generado en SAP-2000 _____	26
Fig. 16: Perfil secundario generado en SAP-2000 _____	27
Fig. 17: Correa generado en SAP-2000 _____	27
Fig. 18: Modelo tipología II _____	30
Fig. 19: Propiedades del material utilizado _____	31
Fig. 20: Columna generado en SAP-2000 _____	31
Fig. 21: Viga Central generado en SAP-2000 _____	32
Fig. 22: Viga Lateral generado en SAP-2000 _____	32
Fig. 23: Viga de Arriostre generado en SAP-2000 _____	33
Fig. 24: Correa generado en SAP-2000 _____	33
Fig. 25: Modelo tipología I _____	36
Fig. 26: Propiedades del material utilizado _____	37
Fig. 27: Cordón exterior e interior de columnas generado en SAP-2000 _____	37
Fig. 28: Cordón superior e inferior de vigas generado en SAP-2000 _____	38
Fig. 29: Cordón superior e inferior de vigas de arriostre generado en SAP-2000 _____	38
Fig. 30: Horizontales y diagonales de columnas generado en SAP-2000 _____	39
Fig. 31: Verticales y diagonales de vigas generado en SAP-2000 _____	39
Fig. 32: Verticales y diagonales de vigas de arriostre generado en SAP-2000 _____	40
Fig. 33: Correas generado en SAP-2000 _____	40
Fig. 34: Comprobación Perfil principal _____	43

Fig. 35: Comprobación Perfil Secundario _____	44
Fig. 36: Comprobación Correa _____	45
Fig. 37: Tipos de vigas y su recubrimiento _____	46
Fig. 38: Tipos de columnas y su recubrimiento _____	53
Fig. 39: Diagrama de interacción para columnas de 80x40 _____	56
Fig. 40: Diagrama de interacción para columnas de 40x40 _____	56
Fig. 41: Diagrama de cortante máximo para columnas de 80x40 y longitud de 3m. _____	57
Fig. 42: Diagrama de cortante máximo para columnas de 80x40 y longitud de 4m. _____	57
Fig. 43: Diagrama de cortante máximo para columnas de 40x40 y longitud de 3m. _____	57
Fig. 44: Diagrama de cortante máximo para columnas de 40x40 y longitud de 4m. _____	58
Fig. 45: Diagrama en planta del plinto _____	62
Fig. 46: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto _____	63
Fig. 47: Esquema de q' aplicado en X _____	64
Fig. 48: Esquema de q' en Y _____	65
Fig. 49: Diagrama en planta del plinto _____	66
Fig. 50: Diagrama en planta del plinto _____	67
Fig. 51: Esquema de q' aplicado en X _____	67
Fig. 52: Esquema de q' en Y _____	68
Fig. 53: Comprobación Columna _____	73
Fig. 54: Comprobación Viga Central _____	74
Fig. 55: Comprobación Viga Lateral _____	75
Fig. 56: Comprobación Viga de Arriostre _____	76
Fig. 57: Comprobación Correa _____	77
Fig. 58: Diagrama de columneta y su distribución de aceros _____	80
Fig. 59: Diagrama en planta del plinto _____	82
Fig. 60: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto _____	82
Fig. 61: Esquema de q' aplicado en X _____	83
Fig. 62: Esquema de q' en Y _____	83
Fig. 63: Diagrama en planta del plinto _____	84
Fig. 64: Diagrama en planta del plinto _____	85
Fig. 65: Esquema de q' aplicado en X _____	85
Fig. 66: Esquema de q' en Y _____	85
Fig. 67: Comprobación Cordón exterior e interior de Columnas _____	90
Fig. 68: Comprobación horizontales y diagonales de Columnas _____	91
Fig. 69: Comprobación Cordón superior e inferior de Vigas _____	92
Fig. 70: Comprobación verticales y diagonales de Vigas _____	93

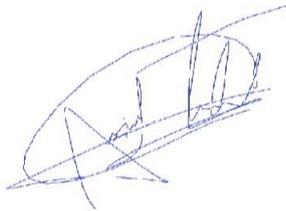
Fig. 71: Comprobación Cordón superior e inferior de Vigas de Arriostre _____	94
Fig. 72: Comprobación verticales y diagonales de Vigas de Arriostre _____	95
Fig. 73: Comprobación Correa _____	96
Fig. 74: Diagrama de columneta y su distribución de aceros _____	98
Fig. 75: Diagrama en planta del plinto _____	100
Fig. 76: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto _____	101
Fig. 77: Esquema de q' aplicado en X _____	101
Fig. 78: Esquema de q' en Y _____	101
Fig. 79: Diagrama en planta del plinto _____	102
Fig. 80: Diagrama en planta del plinto _____	103
Fig. 81: Esquema de q' aplicado en X _____	103
Fig. 82: Esquema de q' en Y _____	103

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE TRES NAVES INDUSTRIALES CON COMPARACIÓN DE COSTOS DE DISEÑOS DEFINITIVOS

RESUMEN

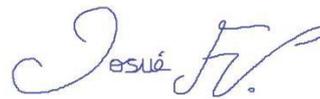
En el presente trabajo de titulación se realizó la modelación de tres tipologías de naves industriales, las cuales tienen la misma geometría, pero diferentes miembros estructurales. Estas fueron sometidas a cargas existentes en las normativas del Ecuador para posteriormente diseñar la sección de los miembros estructurales que serán capaces de soportar todas las solicitaciones a las que estarán expuestas los diferentes tipos de naves industriales. Con esto se procedió a un análisis de manera técnica y económica de las tres tipologías con las que se obtuvieron varios puntos de comparación pudiendo así encontrar la mejor opción entre las tres estructuras estudiadas.

Palabras claves: Modelar, Naves Industriales, Diseño, Normativa, Análisis.



Andy Salvador Toledo Torres

Autor



Josué Esteban Faicán Vásquez

Autor



Firmado electrónicamente por:
DAVID RICARDO
CONTRERAS
LOJADO

Ing. David Ricardo Contreras Lojano

Director del trabajo de titulación



Ing. José Fernando Vázquez Calero

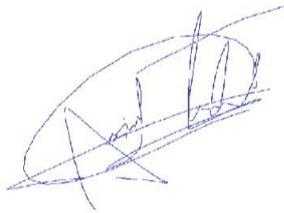
Coordinador de escuela

STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN OF THREE INDUSTRIAL BUILDINGS WITH COST COMPARISON OF FINAL DESIGNS

ABSTRACT

In this thesis, the modeling of three types of industrial buildings, which have the same geometry, but different structural members, was carried out. These were subjected to existing loads in the regulations of Ecuador to subsequently design the section of the structural members that will be able to withstand all the stresses to which the different types of industrial buildings will be exposed. With this we proceeded to a technical-economic analysis of the three topologies with which several points of comparison were obtained, thus being able to find the best option among the three structures studied.

Keywords: Modeling, Industrial Buildings, Design, Regulation, Analysis.



Andy Salvador Toledo Torres

Author



Josué Esteban Faicán Vásquez

Author



Firmado electrónicamente por:
DAVID RICARDO
CONTRERAS
LOJADO

Ing. David Ricardo Contreras Lojano

Thesis Director



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Faculty Coordinator



CAPITULO I

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 ANTECEDENTES

Las naves industriales se han convertido en una de las mejores opciones al momento de construir estructuras con grandes luces, estos son lugares que se destinan para realizar varias actividades industriales. Con el desarrollo de este estudio se definirá una comparación objetiva entre tres tipologías de naves industriales para determinar cuál es mejor, los elementos que conformarán cada tipología son diferentes, en este estudio se realizará una tipología con subestructura de hormigón armado y superestructura con celosía, otra que constará con pórticos de sección llena y, para la última tipología se utilizará pórticos de tubo estructural.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

Los elementos con los que puede estar construida una nave industrial pueden ser varios, por lo que este estudio tiene la finalidad de comparar las tres tipologías diseñadas, cada una con miembros estructurales diferentes para determinar las ventajas y desventajas que tiene cada una sobre las otras, todo esto enfocado tanto en el ámbito de construcción, mantenimiento y precios.

1.1.3 ALCANCE

El presente trabajo tendrá como finalidad el análisis y estudio de presupuesto de tres tipologías de nave industrial, teniendo en cuenta que se debe cumplir con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y elaborar un análisis comparativo de tres tipos de naves industriales que tienen una misma geometría, pero miembros estructurales diferentes soportando las mismas cargas, para obtener las ventajas y desventajas de estos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mediante la herramienta SAP2000 modelar las tres tipologías que se encuentran conformadas por:
 - Subestructura de hormigón armado y superestructura con celosía.
 - Perfiles de alma llena.

- Tubo estructural.
- Analizar el comportamiento estructural de los tres tipos de naves sometidas a diferentes tipos de cargas según la NEC.
- Diseñar cada uno de los miembros estructurales y sus conexiones de los tres tipos de naves industriales.
- Analizar ventajas y desventajas, dependiendo de su comportamiento estructural, el costo de fabricación, métodos constructivos y mantenimiento de las tres estructuras.

1.3 MARCO TEÓRICO

Acero.

“Sustancias que presentan características especiales como conductividad de calor y electricidad, además propiedades mecánicas de fusibilidad, forjabilidad, maleabilidad, ductilidad, facilidad de corte, soldabilidad, conformabilidad, resistencia a la deformación y a la rotura que permitan trabajarlos para darles la forma adecuada y fabricar con ellos utensilios diversos.” (Acevedo Cata, Martínez Lobeck, Díaz Rodríguez, & Amat Balbosa, 1985)

Con respecto a las naves industriales trabajar con acero estructural es relativamente fácil y rápido de construir gracias a su alta resistencia, durabilidad, ductilidad y soporte a grandes deformaciones. Del acero podemos obtener resistencia uniforme en los elementos conformados y mantienen su durabilidad a lo largo del tiempo incluso ante los cambios climáticos.

Acero ASTM A36

Acero al carbono estructural conocido como hierro negro de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

Propiedades mecánicas	
Esfuerzo min a la fluencia	250 MPa
Esfuerzo a la tensión	400 - 550 MPa
Elongación mínima	en 50 mm el 23%
Módulo de elasticidad	200 GPa
Propiedades físicas	
Densidad	7.85 g/cm ³
Propiedades químicas	
Carbono	0.25-0.29 %
Magnesio	0.60 - 1.2 %
Silicio	0.15 - 0.40 %
Fósforo	0.04 % max
Azufre	0.05 % max

Tabla 1: Propiedades del Acero A36
Fuente: Autor

Hormigón.

“Se define como hormigón a una piedra artificial producto del endurecimiento de la mezcla de aglomerante hidráulico, áridos y agua; estos materiales constituyentes deben ser seleccionados adecuadamente y dosificados en las proporciones convenientes.” (Acevedo Cata, Martínez Lobeck, Díaz Rodríguez, & Amat Balbosa, 1985)

Soldadura.

Unión de dos materiales que han sido obtenidos de un proceso de fusión por medio de la temperatura, añadiendo a estos un material de aporte que fundiéndose se convierten en una sola pieza.

Cordón de soldadura.

Resultado de la progresión longitudinal de un proceso de soldadura del metal de aporte fundido en la junta de los metales base.

Fuente de energía.

Energía o proceso necesario para lograr la soldadura de dos metales base como: llama de gas arco eléctrico, soldadura MIG, soldadura TIG, etc.

Metal base.

También conocido como el elemento metálico principal, metal a unir que sirve como base para ser recubierto por el metal de aportación, en otras palabras, son las piezas que se van a unir a las cuales se les va a aplicar la soldadura.

Metal de aporte.

Metal depositado en la unión de los metales base, fusión de un electrodo o varilla de soldar.

Naves Industriales.

Una nave industrial es un conjunto de elementos que suelen ser de metal y/u hormigón, que bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a los que está sometida es capaz de mantener su forma y cualidades a lo largo del tiempo.

Para un correcto análisis de estabilidad de la estructura es necesario entender el funcionamiento de esta, su disposición estructural, solicitaciones a cumplir y el material con el cual van a ser

construidos los determinados elementos estructurales, con el fin de elegir correctamente los detalles y disposiciones constructivas más adecuadas para todos los elementos.

Las estructuras metálicas permiten luces mayores evitando ocupar espacios importantes y necesarios, sin pilares intermedios o excesivamente gruesos.

Dependiendo de las diferentes alternativas constructivas de la nave industrial, se pueden tener diferentes tipos de elementos para cada opción constructiva como:

- Cimentación para zapatas: pueden ser de hormigón en masa o armado.
- Opción para Columnas: pueden ser de hormigón armado, perfiles de acero o celosía.
- Opción para Vigas: pueden ser en perfiles de acero o celosía.

Armaduras.

Llamadas armaduras o cerchas, este elemento estructural está compuesto por una serie de piezas rectas dispuestas y unidas en forma de triángulos, de modo que las cargas exteriores apoyadas en las juntas de este elemento produzcan únicamente esfuerzos axiales en aquellas piezas.

Columnas.

Miembros estructurales verticales donde su longitud es mucho mayor que su ancho, estos miembros son empleados para soportar las cargas de la estructura y transmitirla a la cimentación.

Cubiertas.

Elementos comúnmente llamados techos que aíslan la edificación del exterior, son incorporados a la estructura mediante ganchos, clavos, tornillos, alambres, adhesivos, etc.

Largueros.

Elemento metálico de sección transversal constante, laminado o armado donde se apoya directamente la cubierta de techo, también capaces de proporcionar el arriostramiento lateral necesario para evitar el pandeo lateral.

Tensores.

Elementos a tensión, su función principal es rigidizar los elementos de la estructura se diseñan de forma vertical y en el plano de la cubierta de techo, que servirán para evitar daños en los

largueros y la cubierta; y para evitar desplazamientos relativos elevados entre los marcos respectivamente.

Vigas de Rigidez.

También llamados Marcos Continuos, son elementos estructurales que se proporcionan a los marcos en sentido transversal para aportar rigidez entre los mismos.

Zapatas.

Es un miembro estructural que tiene como función transmitir las cargas de la estructura en general a un área de terreno, donde los esfuerzos transmitidos estén dentro de los límites permitidos.

Cargas

Las cargas a considerar en el cálculo y diseño de todo tipo de estructuras son las siguientes:

- Cargas permanentes (cargas muertas mínimas en particular),
- Cargas variables (cargas vivas y por viento),
- Serán complementadas por las cargas accidentales que son las cargas sísmicas, según la NEC.

Cargas permanentes (Carga Muerta)

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.

Carga Viva

La carga viva también llamada sobrecarga de uso que se utilizará en el cálculo, depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.

Base de la estructura.

Nivel al cual se considera que la acción sísmica actúa sobre la estructura.

Coefficiente de importancia.

Coefficiente relativo a las consecuencias de un daño estructural y al tipo de ocupación.

Cortante basal de diseño.

Fuerza total de diseño por cargas laterales aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción.

Cortante de piso.

Sumatoria de las fuerzas laterales de todos los pisos superiores al nivel considerado.

Ductilidad global.

Capacidad de la estructura para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez ante cargas laterales estáticas o cíclicas, o ante la ocurrencia de una acción sísmica.

Ductilidad local.

Capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez ante cargas laterales estáticas o cíclicas, o ante la ocurrencia de una acción sísmica.

Espectro de respuesta para diseño.

El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura.

Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño.

Estructura.

Conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo. Las estructuras pueden clasificarse en estructuras de edificación y otras estructuras distintas a las de edificación (puentes, tanques, etc.).

Estructuras esenciales.

Son las estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias.

Factor de sobre resistencia.

Se define el factor de sobre resistencia como la relación entre el cortante basal último, que es capaz de soportar la estructura con relación al cortante basal de diseño.

Factor de redundancia.

El factor de redundancia calcula la resistencia que tiene la estructura cuando está en el rango no lineal. La capacidad de la estructura para redistribuir las cargas desde los elementos con mayor sollicitación hacia los elementos con menor sollicitación, se evalúa como la relación entre el cortante basal máximo con respecto al cortante basal, cuando se forma la primera articulación plástica.

Fuerzas sísmicas de diseño.

Fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según las especificaciones de esta norma.

Método de diseño por capacidad.

Método de diseño eligiendo ciertos elementos del sistema estructural, diseñados y estudiados en detalle de manera apropiada para asegurar la disipación energética bajo el efecto de deformaciones importantes, mientras todos los otros elementos estructurales resisten suficientemente para que las disposiciones elegidas para disipar la energía estén aseguradas.

Período de vibración.

Es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio o vibratorio, para que el sistema vibratorio vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación.

Pórtico especial sismo resistente.

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas, y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.

Resistencia lateral del piso.

Sumatoria de la capacidad a corte de los elementos estructurales verticales del piso.

Rigidez lateral de piso.

Sumatoria de las rigideces a corte de los elementos verticales estructurales del piso.

Rigidez efectiva.

Proviene de una relación entre período, masa y rigidez para sistemas de un grado de libertad.

Sismo de diseño.

Evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (período de retorno de 475 años), determinado a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico. Para caracterizar este evento, puede utilizarse un grupo de acelerogramas con propiedades dinámicas representativas de los ambientes tectónicos, geológicos y geotécnicos del sitio, conforme lo establece esta norma. Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño.

Z (factor).

El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Zonas sísmicas.

El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas caracterizadas por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia, y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

2.1 GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A DISEÑAR

Este proyecto consiste en el diseño y comparación de costos de tres tipos de naves industriales con diferentes soluciones estructurales, pero con una misma geometría, salvando una misma luz de 20m.

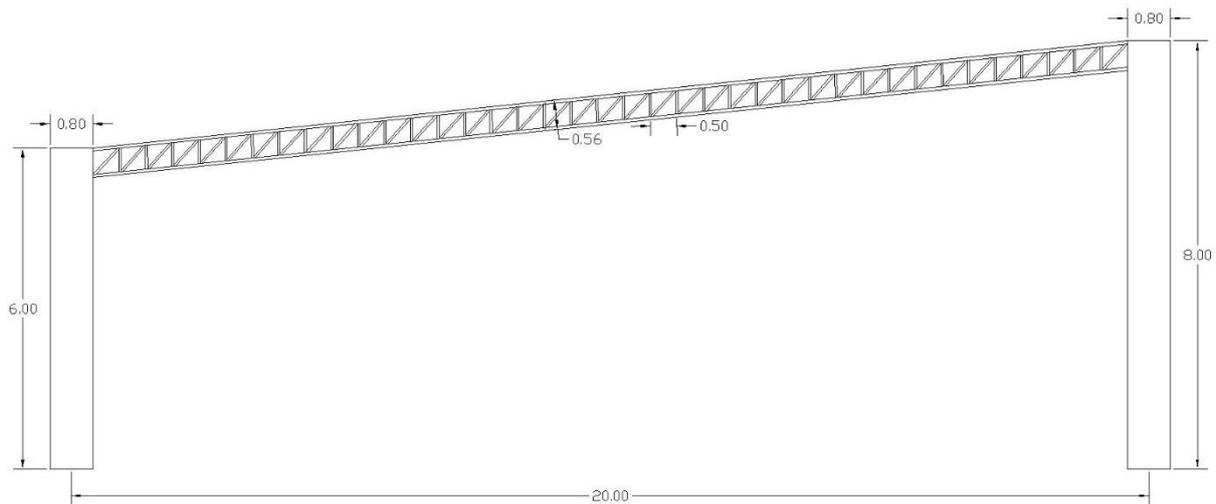


Fig. 1: Nave Industrial Tipo I
Fuente: Autor

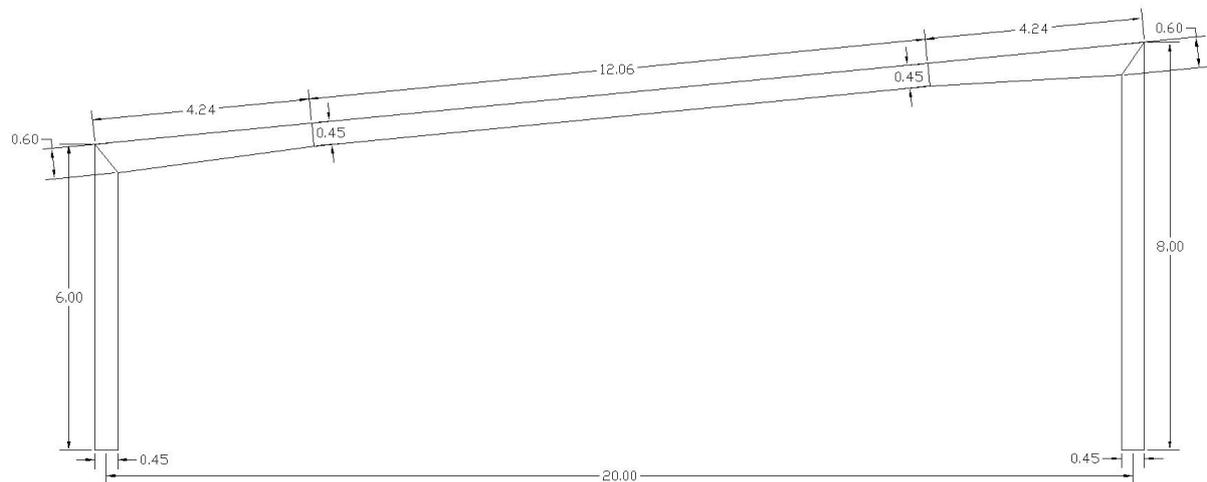


Fig. 2: Nave Industrial Tipo II
Fuente: Autor

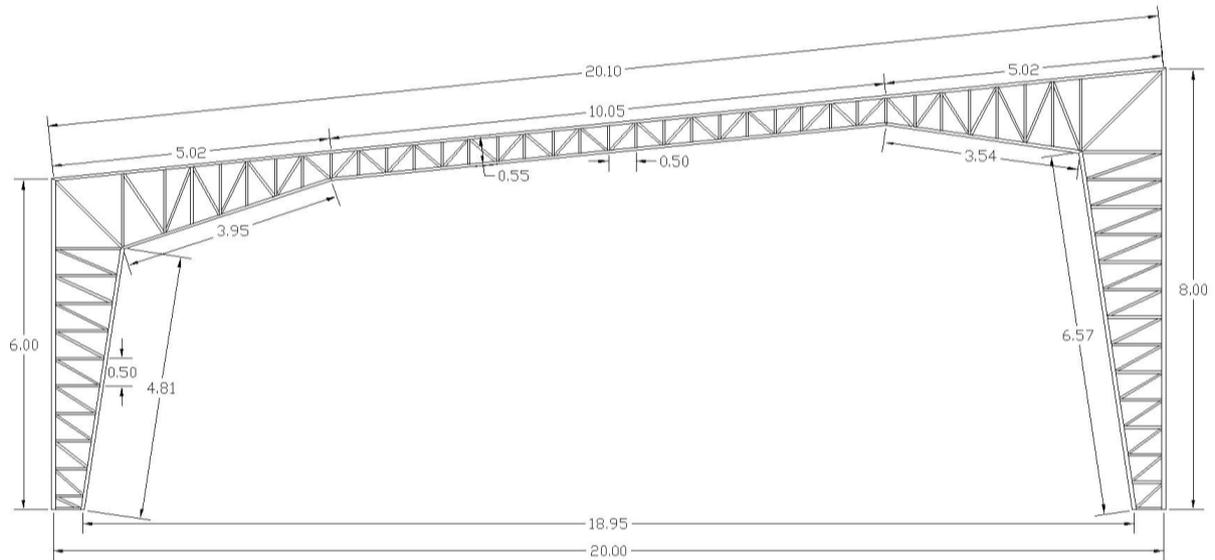


Fig. 3: Nave Industrial Tipo III
Fuente: Autor

2.2 CARGAS

2.2.1 CARGAS PERMANENTES.

Carga Muerta:

Las cargas muertas que se van a considerar para este proyecto son las siguientes:

	PESO UNITARIO	
Plancha ondulada de acero galvanizado:		
de 0.8mm de espesor	0.09	kN/m ³
Metales:		
Acero	78.5	kN/m ³
Aluminio	27	kN/m ³
Bronce	85	kN/m ³
Cobre	89	kN/m ³
Tubería de plástico	21	kN/m ³

Tabla 2: Pesos Unitarios de Materiales de Construcción
Fuente: NEC-15

2.2.2 CARGAS VARIABLES.

Carga Viva:

Las cargas vivas que se van a considerar para este proyecto son las siguientes:

OCUPACION O USO	CARGA UNIFORME	
Cubiertas		
cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.07	kN/m ²

Tabla 3: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo.
Fuente: NEC-15

En la región andina y sus estribaciones desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.

Carga por Viento:

Al tratarse de tipologías con cubierta a un agua, la presión ejercida por el viento afecta en un solo sentido llamado barlovento, definida por los factores siguientes:

a. Velocidad instantánea máxima del viento

La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 km/h).

b. Velocidad corregida del viento

La velocidad instantánea máxima del viento se multiplicará por un coeficiente de corrección σ , que depende de la altura y de las características topográficas y/o de edificación del entorno (nivel de exposición al viento).

$$V_b = V \cdot \sigma$$

Dónde:

V_b : Velocidad corregida del viento en m/s;

V : Velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10m de altura sobre el terreno;

σ : Coeficiente de corrección.

Altura (m)	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

Tabla 4: Coeficiente de corrección σ
Fuente: NEC-15

Las características topográficas se reparten en 3 categorías:

- Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.
- Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.
- Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura.

c. Cálculo de la presión del viento

Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento se establece una presión de cálculo P, cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión:

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

Dónde:

- P: Presión de cálculo expresada en Pa (N/m²)
 ρ: Densidad del aire expresada en Kg/m³ (En general, se puede adoptar 1.25 Kg/m³)
 c_e: Coeficiente de entorno/altura
 c_f: Coeficiente de forma (en el siguiente apartado)

d. Factor de forma C_f

Factor de corrección que considera la acción del viento como presión sobre los elementos de fachada.

Determinación de C_f

Se determinará C_f de acuerdo con la tabla siguiente:

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

Tabla 5: Determinación del factor de forma c_f
Fuente: NEC-15

- El signo positivo (+) indica presión
- El signo negativo (-) indica succión

Los términos barlovento y sotavento se utilizan para designar los sectores por donde pasa el viento teniendo un punto de referencia.

Cuando el viento va en la misma dirección a la que va el punto de referencia se dice Sotavento, y cuando va con el viento en contra se dice Barlovento.

Determinación simplificada de C_f

Para contener en forma sencilla todas las posibilidades, se podrá utilizar los siguientes valores para determinar el coeficiente C_f :

Construcción	Coeficiente C_f
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
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
Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura	1.3
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

Tabla 6: Determinación simplificada del factor de forma c_f
Fuente: NEC-15

2.2.3 CARGAS ACCIDENTALES.

Carga por Sismo:

Este tipo de cargas las analizaremos más adelante cuando se aborden los parámetros sísmicos de diseño.

2.3 COMBINACIONES DE CARGA

Símbolos:

Los siguientes símbolos se utilizan para expresar las combinaciones de carga que se tomarán en cuenta, según la NEC-15:

D	Carga Permanente (Muerta)
L	Sobrecarga de uso (Viva)
E	Carga de Sismo
W	Carga de Viento

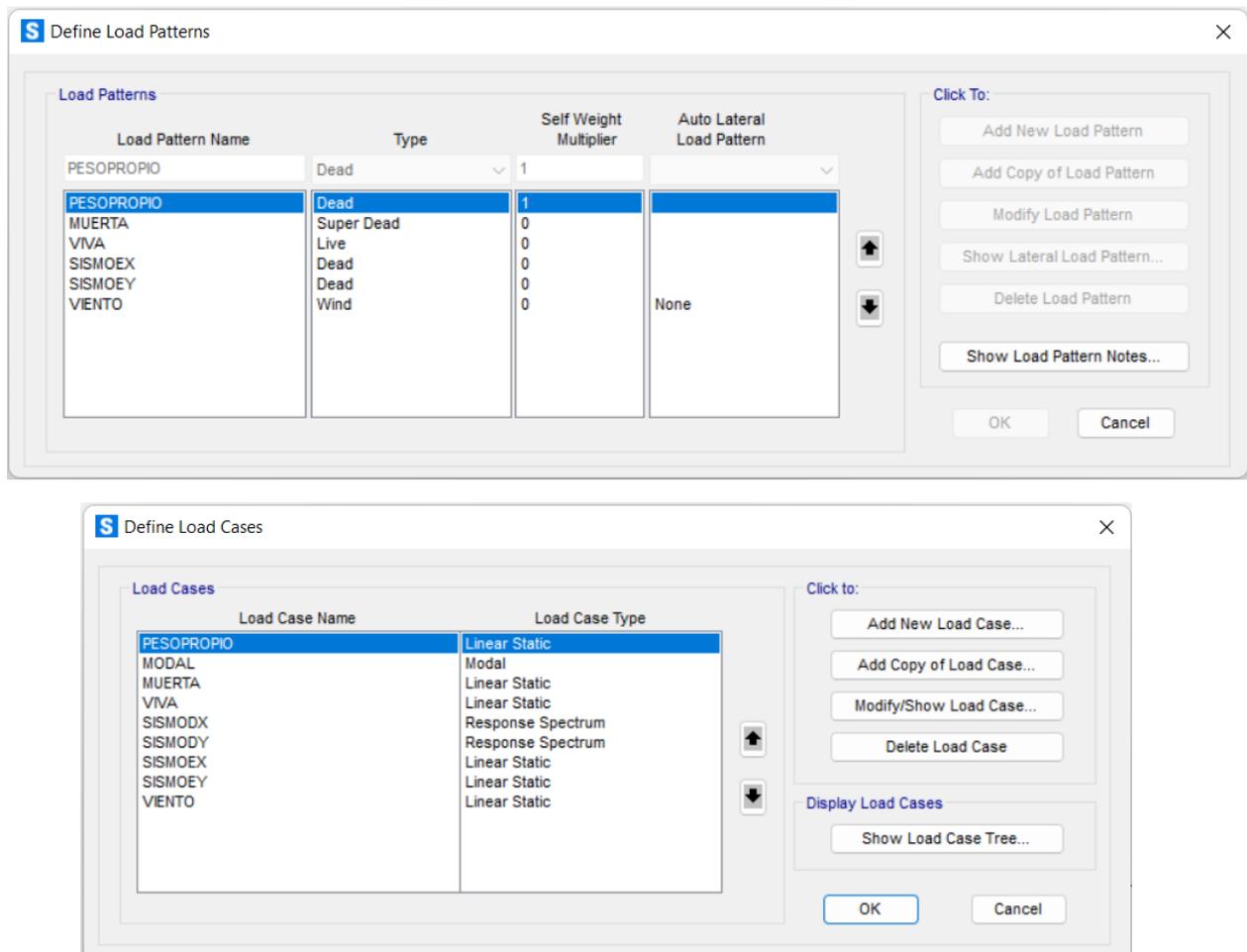


Fig. 4: Cargas ingresadas al programa SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Combinaciones de carga para el diseño por última resistencia:

Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo con las siguientes combinaciones:

Combinación 1

1,4 D

Combinación 2

1,2 D + 1,6 L

Combinación 3

1,2 D + L + W

Combinación 4

1,2 D + L ± E

Combinación 5

0,9 D + W

Combinación 6

0,9 D ± E

- La carga sísmica E, será determinada de acuerdo con el capítulo de peligro sísmico y diseño sísmo resistente de la NEC-15.

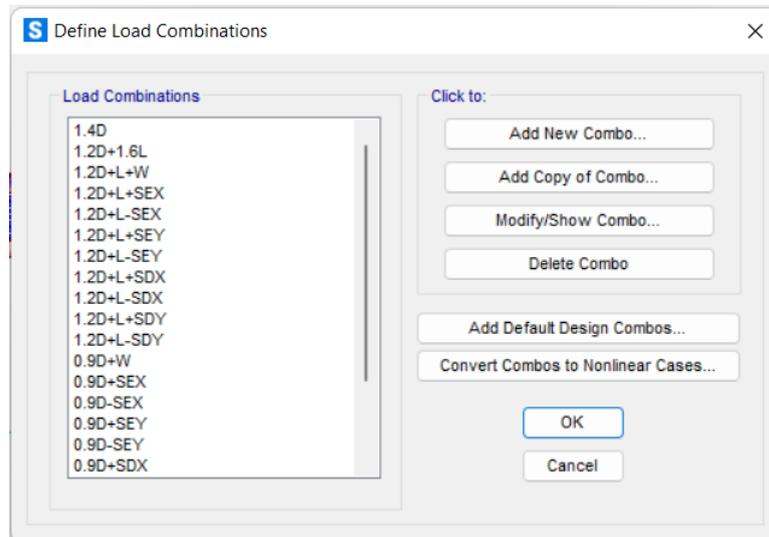


Fig. 5: Combinaciones de carga ingresadas al programa SAP-2000
Fuente: SAP-2000

2.4 PARÁMETROS DE CÁLCULO

Factor de zona sísmica z

Este factor se encuentra en función del lugar en donde se construirá la estructura conforme al siguiente mapa:

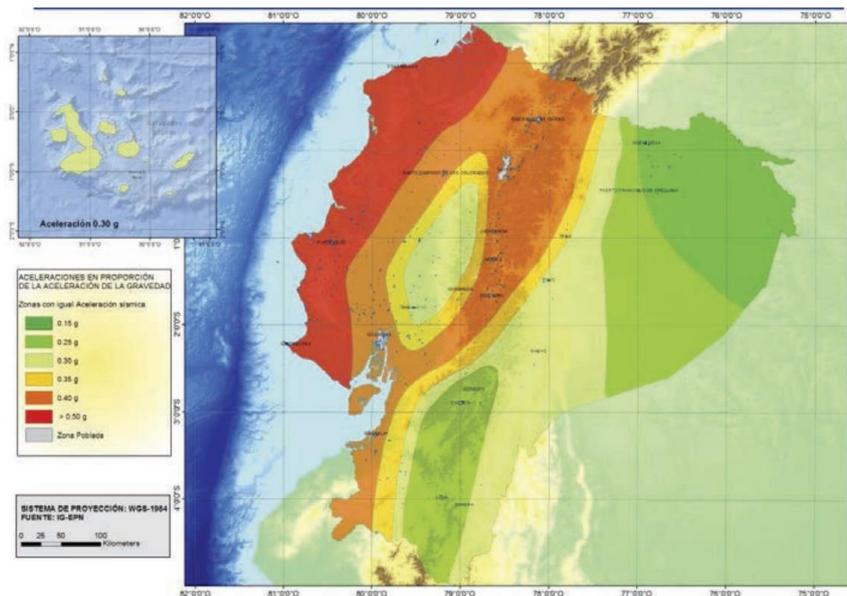


Fig. 6: Mapa de zonificación sísmica
Fuente: NEC-15

“El mapa de zonificación sísmica para diseño, proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.” (MIDUVI, 2014)

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 7: Valor factor Z en función de la zona sísmica adoptada
Fuente: NEC-15

Poblaciones y factor z

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GUILLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25

Tabla 8: Poblaciones ecuatorianas y valor factor Z
Fuente: NEC-15

Según el mapa presentado anteriormente y de acuerdo con las tablas de la NEC, podemos obtener un valor del factor Z para el cantón Cuenca de 0.25, por lo que nos encontramos en un lugar con peligro sísmico alto que corresponde a una zona sísmica II.

Perfil de suelo para diseño sísmico

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción se definen seis tipos de suelos como se muestra en la tabla a continuación:

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s $N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como, suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Tabla 9: Tipo de perfil de suelo
Fuente: NEC-15

En Cuenca encontramos definiciones similares a las correspondientes a un tipo de perfil tipo C por lo que para el diseño de estas estructuras consideraremos esta condición.

Coefficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes al coeficiente Fa, que para diseño en roca amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones, tomando en cuenta los efectos del sitio.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 10: Tipo de suelo y Factores de sitio Fa
Fuente: NEC-15

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes al coeficiente Fd, que para diseño en roca amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de desplazamientos, tomando en cuenta los efectos del sitio.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 11: Tipo de suelo y Factores de sitio Fd
Fuente: NEC-15

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes al coeficiente Fs, que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y, los desplazamientos relativos del suelo para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 12: Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del suelo Fs
Fuente: NEC-15

Espectro elástico de diseño

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad para el nivel del sismo de diseño, se consideran los siguientes factores:

- el factor de zona sísmica Z ,
- el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d , F_s .

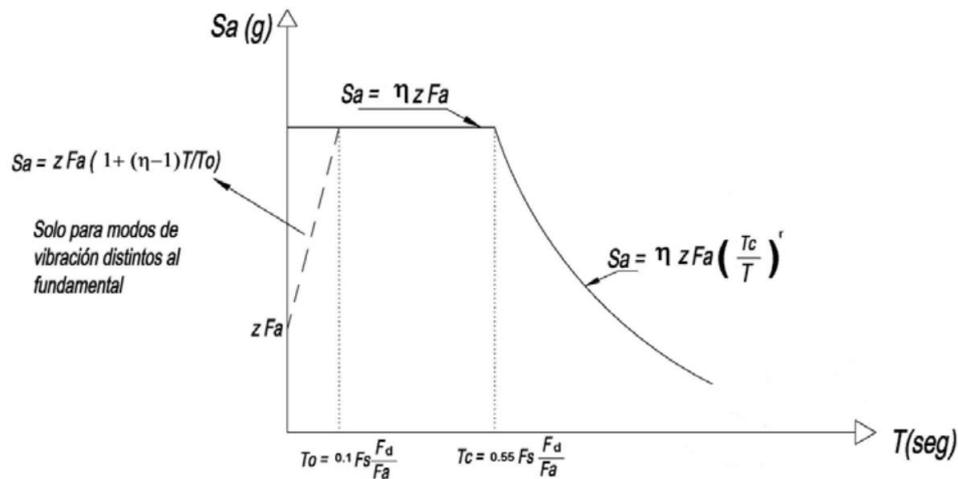


Fig. 7: Mapa de zonificación sísmica
Fuente: NEC-15

Este espectro es obtenido mediante las siguientes ecuaciones:

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T > T_c$$

Donde:

$r = 1$ por tipo de suelo C.

$\eta = 2,48$ para provincias de la sierra.

Con los parámetros antes establecidos, obtenemos el siguiente espectro elástico de aceleraciones:

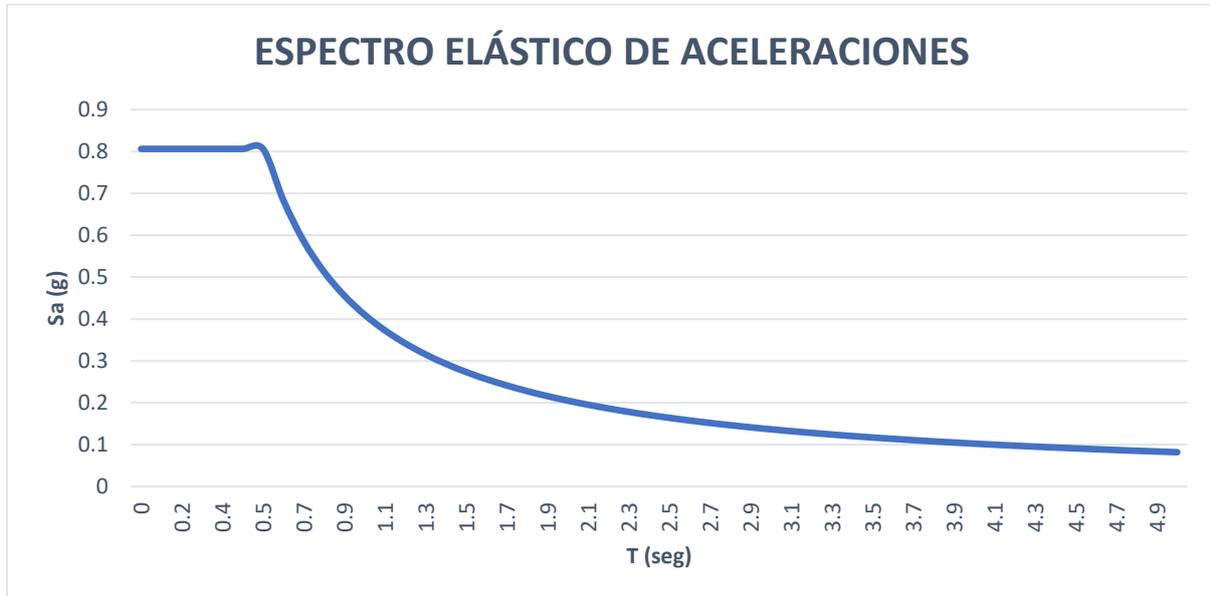


Fig. 8: Espectro sísmico elástico de aceleraciones
Fuente: Autor

Cortante Basal de diseño V

La cortante basal de diseño se calcula mediante la siguiente fórmula que se encuentra en la NEC-SE-DS 2015.

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi_P * \phi_E}$$

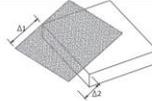
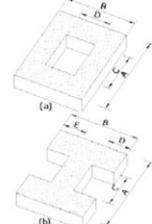
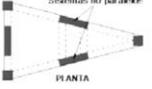
Donde:

- I: Coeficiente de importancia.
- R: Factor de reducción de resistencia sísmica.
- W: Carga sísmica reactiva.
- ϕ_P, ϕ_E : Coeficientes de regularidad.
- Sa(Ta): Espectro de diseño.

Se debe tomar en cuenta que para las tres topologías el único factor que variará es W.

Coeficientes de configuración en planta y elevación (ϕ_P y ϕ_E)

Según la NEC-SE-DS 2015, una estructura se puede considerar regular en planta y elevación siempre y cuando no presente ninguna de las condiciones de irregularidad presentadas en las siguientes tablas:

<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{br}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{br}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{br}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{br}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

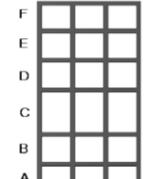
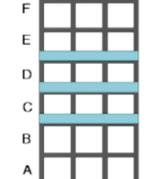
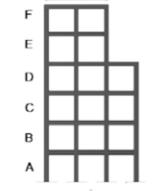
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{br}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_o Rigidez $< 0.80 \frac{(K_o + K_e + K_f)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{br}=0.9$ $m_o > 1.50 m_e$ ó $m_o > 1.50 m_c$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{br}=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 13: Coeficientes de configuración estructural en planta y elevación
Fuente: NEC-15

Como las naves del proyecto no presentan ninguna de estas irregularidades, tomaremos el valor de 1 para los dos coeficientes.

Factor de importancia I

El coeficiente de importancia se define en función a la siguiente tabla:

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 14: Factor de importancia I según el tipo de uso, destino e importancia
Fuente: NEC-15

Las estructuras del proyecto se encuentran en la categoría de “Otras estructuras” con un factor de importancia igual a 1.

Fator de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el valor de factor de reducción sísmica primero se escogerá entre los sistemas a los que las estructuras sean resistentes, después la combinación de los sistemas que se muestran en la siguiente tabla:

Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8

Tabla 15: Factor de reducción de resistencia sísmica
Fuente: NEC-15

Como se puede observar en la tabla, para todas las combinaciones se tiene un R de 8 y después de verificar que las tres tipologías están dentro de las combinaciones que se muestran en la tabla, se tomará un valor de R igual a 8.

2.5 MODELACIÓN DE NAVE CON SUBESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA CON CELOSÍA.

En la figura.... se muestra el modelo ingresado en SAP-2000 de la primera estructura en análisis, se tiene una luz de 20m con una cubierta a un agua.

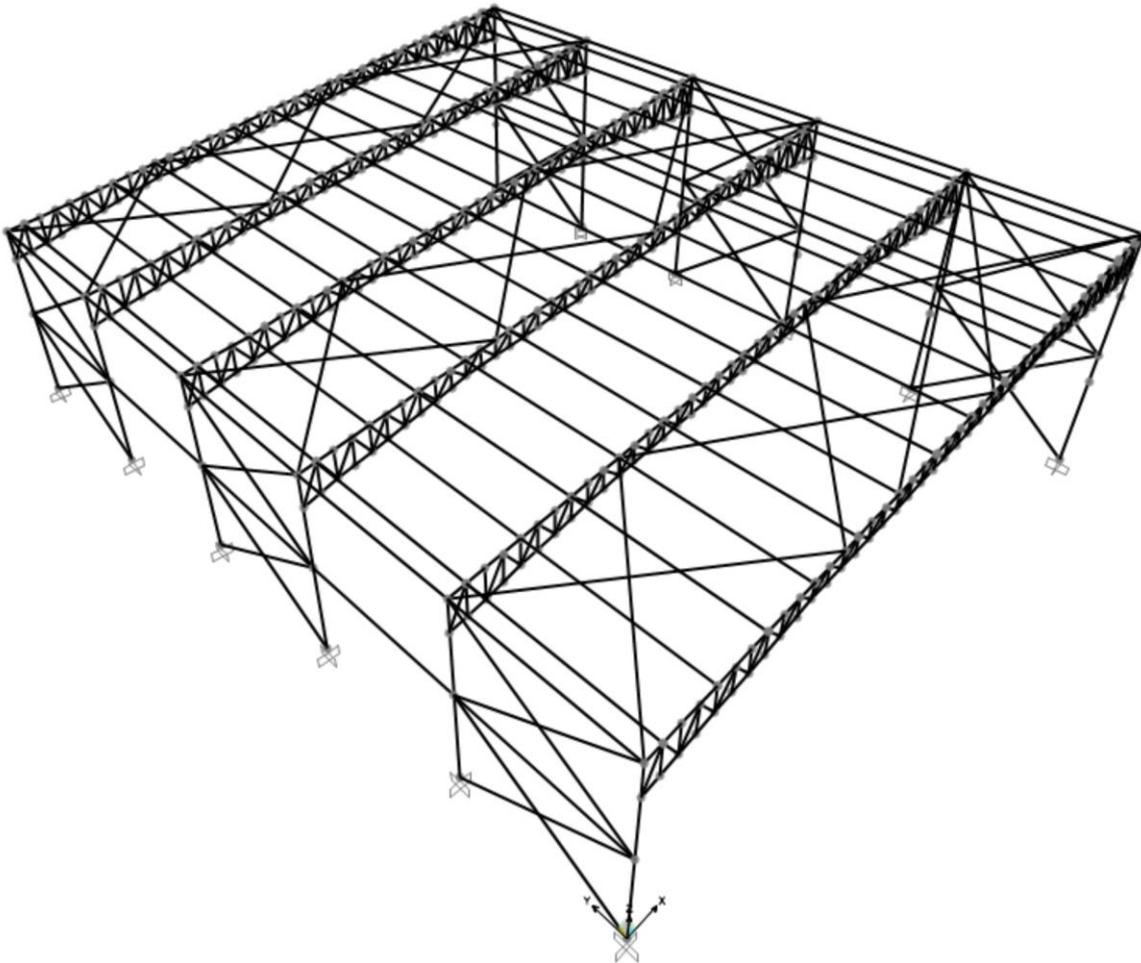


Fig. 9: Modelo tipología III
Fuente: SAP-2000

Materiales utilizados

Los materiales que se utilizaron para este modelo son acero A36 y hormigón con propiedades establecidas en el ACI 318RS-04 definidos anteriormente en el capítulo I, a continuación se presenta el ingreso del material al programa SAP-2000.

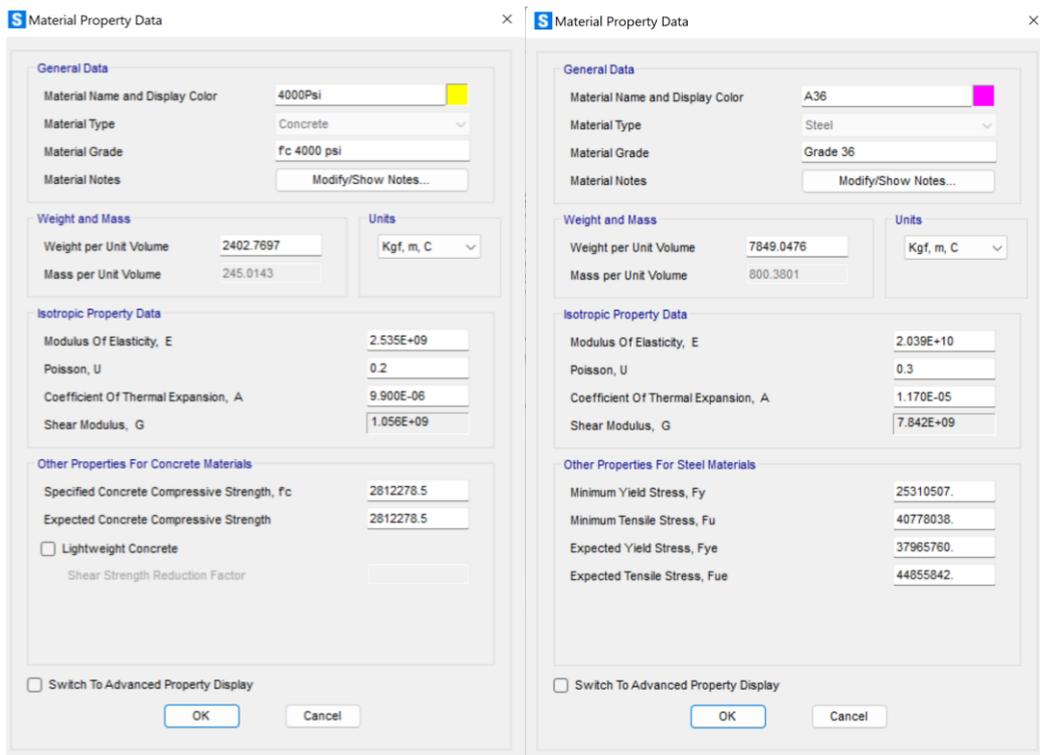


Fig. 10: Propiedades del material utilizado
Fuente: SAP-2000

Miembros estructurales

Para este modelo se cuenta con 7 clases de perfiles: dos de tipo columna, dos tipo viga, perfil principal, perfil secundario y correa. Como se muestra a continuación.

Columna exteriores

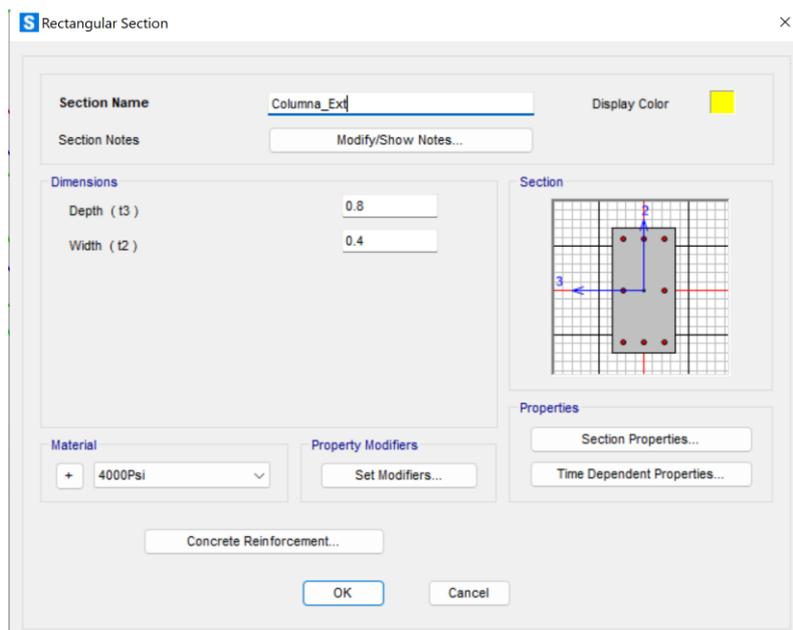


Fig. 11: Columna exteriores generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Columnas interiores

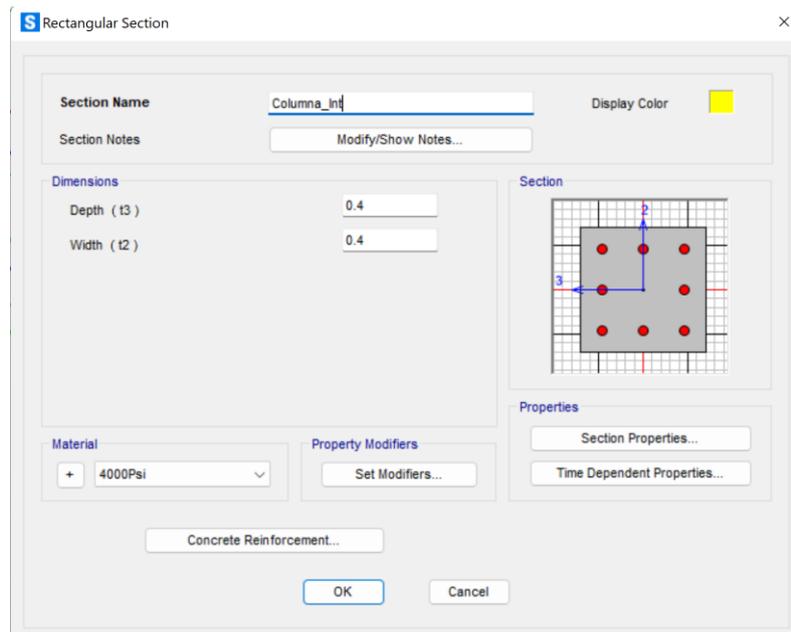


Fig. 12: Columna interiores generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Viga 1

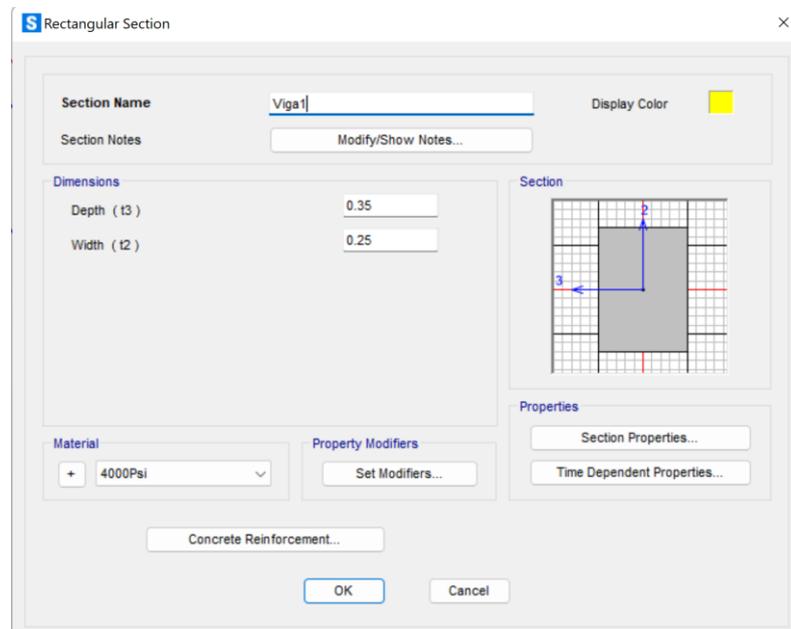


Fig. 13: Viga 1 generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Viga 2

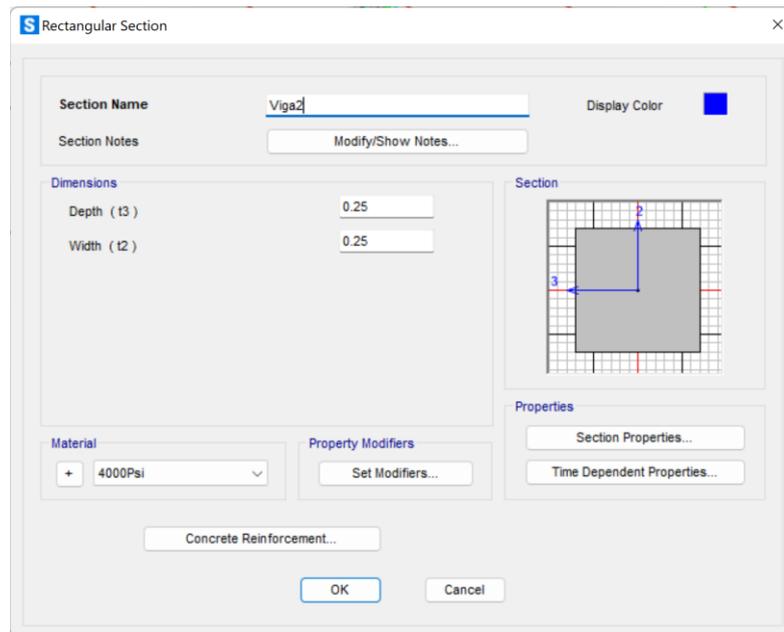


Fig. 14: Viga 2 generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Perfil principal

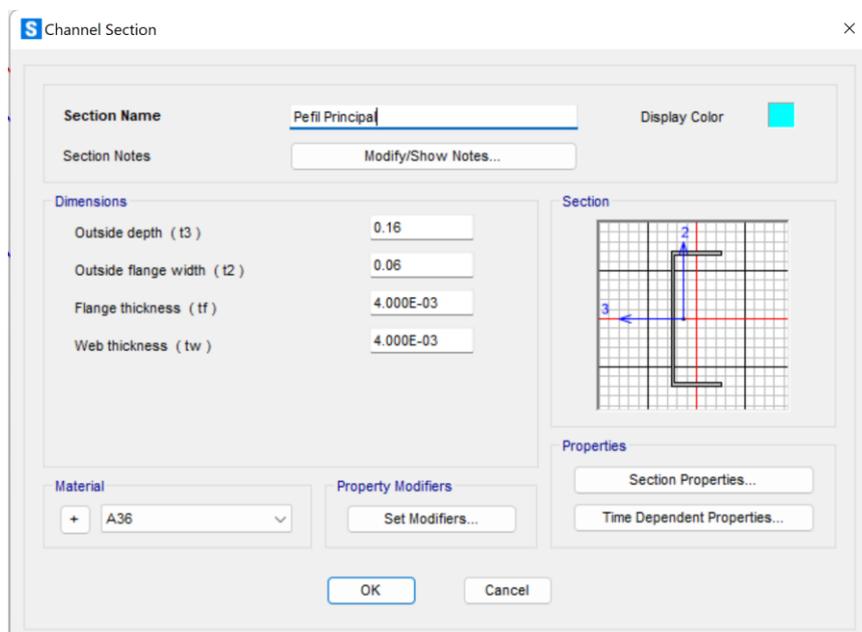


Fig. 15: Perfil principal generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Perfil secundario

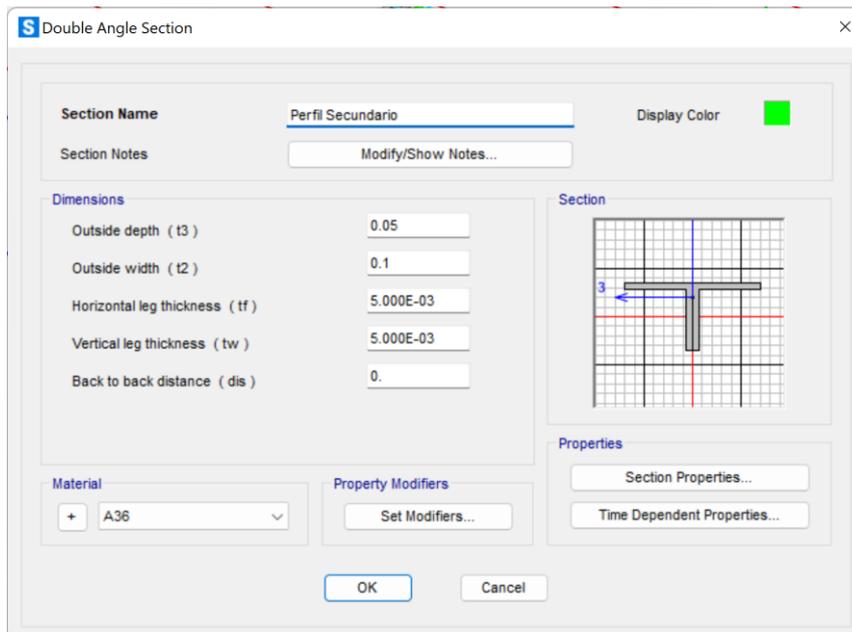


Fig. 16: Perfil secundario generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Correa

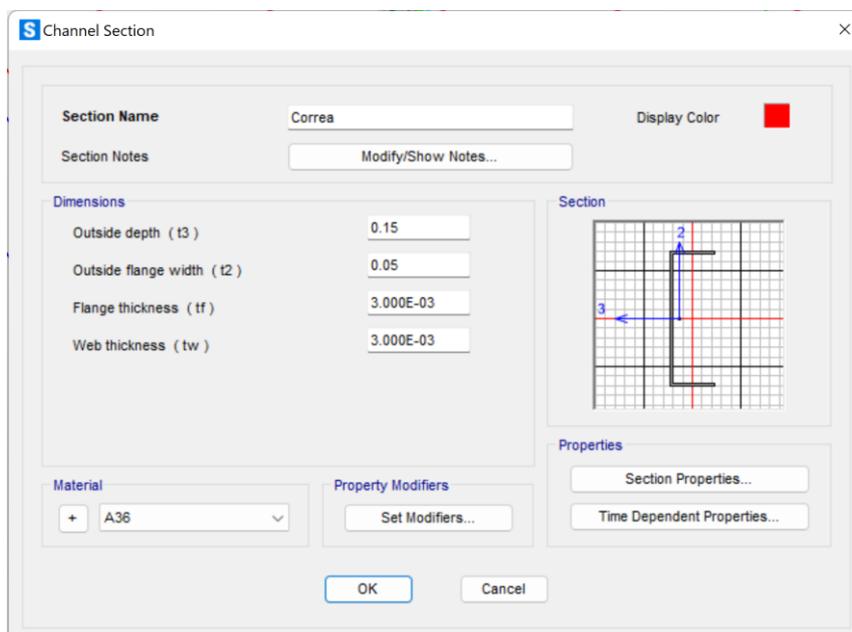


Fig. 17: Correa generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

2.5.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

En la NEC-15, la participacion de una masa modal acumulada debe ser al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales consideradas, en este caso se consideraron 12 modos de vibracion. En la tabla de acontinacion se muestra lo antes mencionado.

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.6822	92.5702
MODAL	Acceleration	UY	99.9449	97.7234
MODAL	Acceleration	UZ	75.7593	14.1955

Tabla 16: Proporciones de participación de carga modal
Fuente: SAP-2000

En la tabla de acontinacion se presenta los 12 modos de vibracion que fueron considerados en esta estructura:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.16216	0.000123	0.889	5.132E-11	0.000123	0.889	5.132E-11	0.018	0.00002053	0.046
MODAL	Mode	2	0.111698	0.859	0.004721	3.021E-13	0.859	0.893	5.162E-11	0.000002518	0.014	0.063
MODAL	Mode	3	0.106612	0.067	0.042	5.193E-12	0.926	0.935	5.681E-11	0.000123	0.001041	0.829
MODAL	Mode	4	0.053279	1.585E-15	5.029E-11	0.099	0.926	0.935	0.099	0.00001587	0.006124	1.698E-12
MODAL	Mode	5	0.052992	5.326E-13	3.16E-08	0.00001095	0.926	0.935	0.099	0.044	6.681E-07	2.18E-09
MODAL	Mode	6	0.052532	6.036E-15	7.974E-12	0.008896	0.926	0.935	0.108	0.00005117	0.0005467	4.049E-12
MODAL	Mode	7	0.051917	1.038E-11	6.074E-07	0.000009865	0.926	0.935	0.108	0.003164	6.475E-07	3.27E-08
MODAL	Mode	8	0.043578	6.586E-11	0.000002424	0.017	0.926	0.935	0.125	0.037	0.0009762	3.167E-07
MODAL	Mode	9	0.043389	7.602E-11	0.000002788	0.017	0.926	0.935	0.142	0.036	0.0009587	3.739E-07
MODAL	Mode	10	0.042559	0.00000145	0.041	7.286E-09	0.926	0.977	0.142	0.015	8.643E-08	0.008701
MODAL	Mode	11	0.031049	2.375E-08	0.0003299	1.103E-14	0.926	0.977	0.142	0.0002735	6.913E-08	0.0006089
MODAL	Mode	12	0.031016	0.0001275	1.021E-07	7.304E-16	0.926	0.977	0.142	8.467E-08	0.0002987	1.338E-07

Tabla 17: Proporciones de participación de masa modal
Fuente: SAP-2000

Comparación de análisis dinámico con el análisis estático

Este análisis está establecido por la NEC-SE-DS (2015), el cual hará uso del espectro sísmico de respuesta elástico de aceleraciones, donde se debe comprobar que el ajuste del cortante basal que se obtiene de la base de la estructura no debe ser menor al 85% del cortante basal estático.

Con los datos ingresados en SAP-2000, se obtienen los siguientes resultados:

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	
SISMODX	LinRespSpec	Max	6483.21	628.43	0.01313	1882.36	19173.74	75006.05	
SISMODY	LinRespSpec	Max	628.43	6703	2.24	24860.58	1869.41	108288.13	
SISMOEX	LinStatic		-8856.96	-3.157E-12	1.121E-10	80.79	-28231.84	110712	
SISMOEY	LinStatic		-2.302E-12	-8856.96	-1.08E-12	35192.43	13.58	-88569.6	

Tabla 18: Comparación de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

En la tabla 18 se observa que el cortante basal dinámico no es mayor al 85% del estático por lo que se debe escalar el espectro de respuesta en los dos sentidos, X y Y, para cumplir con el análisis.

El factor de escalamiento para X toma el valor de 1.13 y para Y 1.13, con estos datos se escala el espectro y se presentan los siguientes cortantes:

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
SISMODX	LinRespSpec	Max	7326.03	710.13	0.01484	2127.07	21666.33	84756.84
SISMODY	LinRespSpec	Max	710.13	7574.39	2.54	28092.46	2112.43	122365.59
SISMOEX	LinStatic		-8856.96	-3.157E-12	1.121E-10	80.79	-28231.84	110712
SISMOEY	LinStatic		-2.302E-12	-8856.96	-1.08E-12	35192.43	13.58	-88569.6

Tabla 19: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

Al comparar los valores tanto en x como en y, se puede observar que el sismo dinámico cumple ahora con ser al menos el 85% del estático.

2.6 MODELACIÓN DE NAVE CON PERFILES DE ALMA LLENA

En la figura.... se muestra el modelo ingresado en SAP-2000 de la segunda estructura en análisis, se tiene una luz de 20m con una cubierta a un agua.

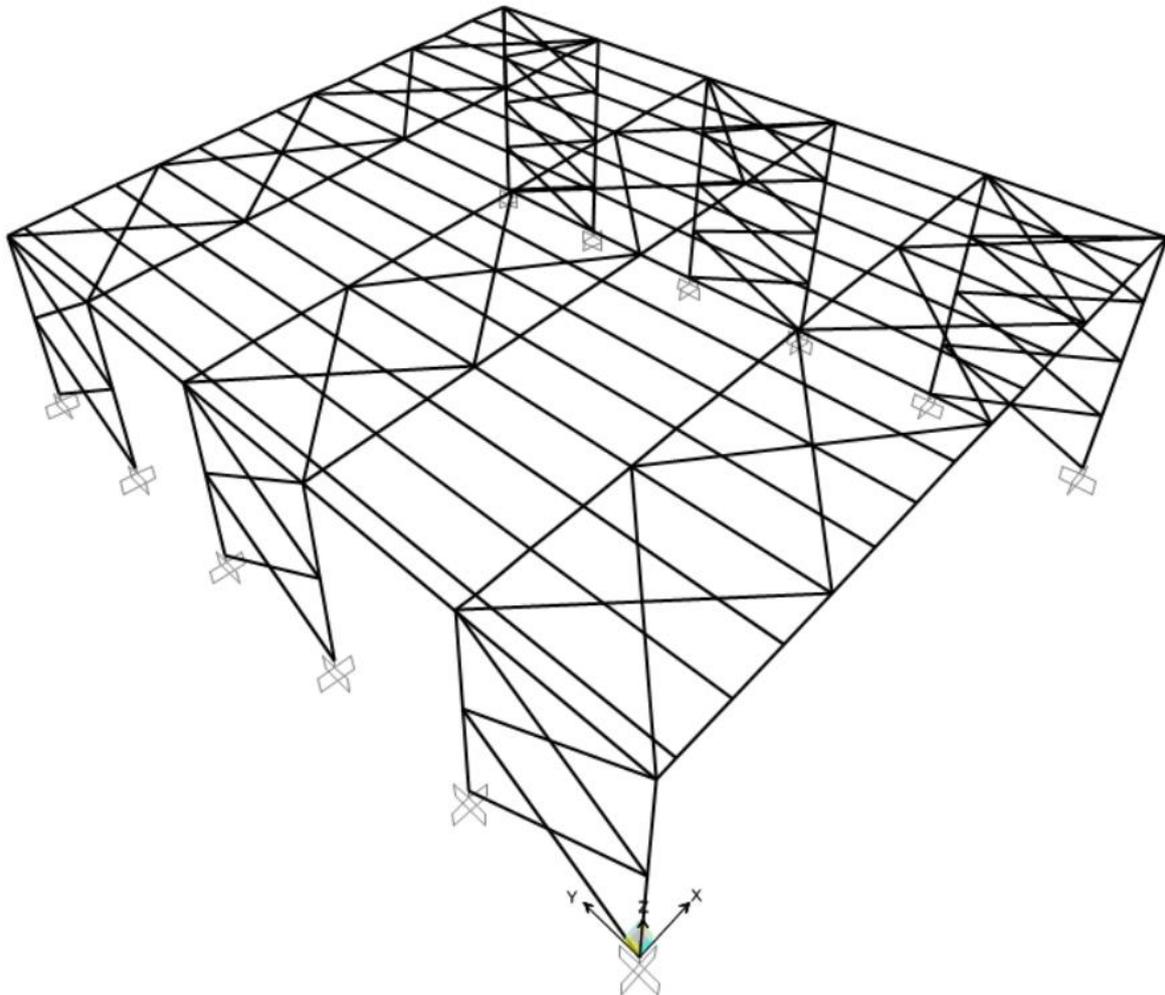


Fig. 18: Modelo tipología II
Fuente: SAP-2000

Materiales utilizados

Los materiales que se utilizaron en este modelo son acero A36 definidos anteriormente en el capítulo I, a continuación se presenta el ingreso del material al programa SAP-2000.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: A36 [Color: Blue]

Material Type: Steel

Material Grade: Grade 36

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7849.0476

Mass per Unit Volume: 800.3801

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.039E+10

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 7.842E+09

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 25310507.

Minimum Tensile Stress, Fu: 40778038.

Expected Yield Stress, Fye: 37965760.

Expected Tensile Stress, Fue: 44855842.

Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

Fig. 19: Propiedades del material utilizado
Fuente: SAP-2000

Miembros estructurales

Para este modelo se cuenta con 4 clases de perfiles: columna, viga central, viga lateral y correa. Como se muestra a continuación.

Columna

I/Wide Flange Section

Section Name: Columna [Display Color: Blue]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions

Outside height (t3): 0.45

Top flange width (t2): 0.19

Top flange thickness (tf): 0.016

Web thickness (tw): 0.01

Bottom flange width (t2b): 0.19

Bottom flange thickness (tfb): 0.016

Section

[Diagram of an I-section with dimensions t2, t3, and t2b labeled]

Material

[+] A36

Property Modifiers

[Set Modifiers...]

Properties

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Fig. 20: Columna generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Viga central

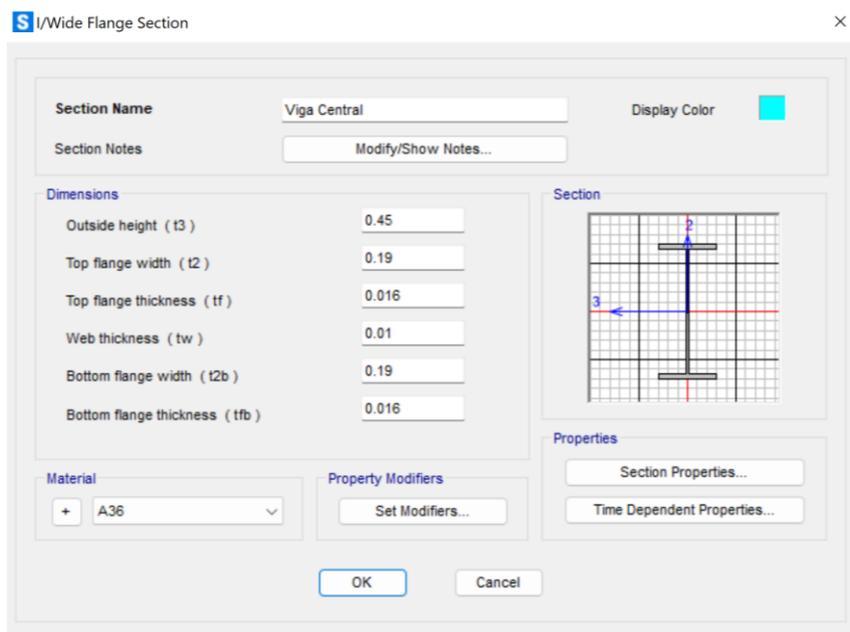


Fig. 21: Viga Central generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Viga lateral

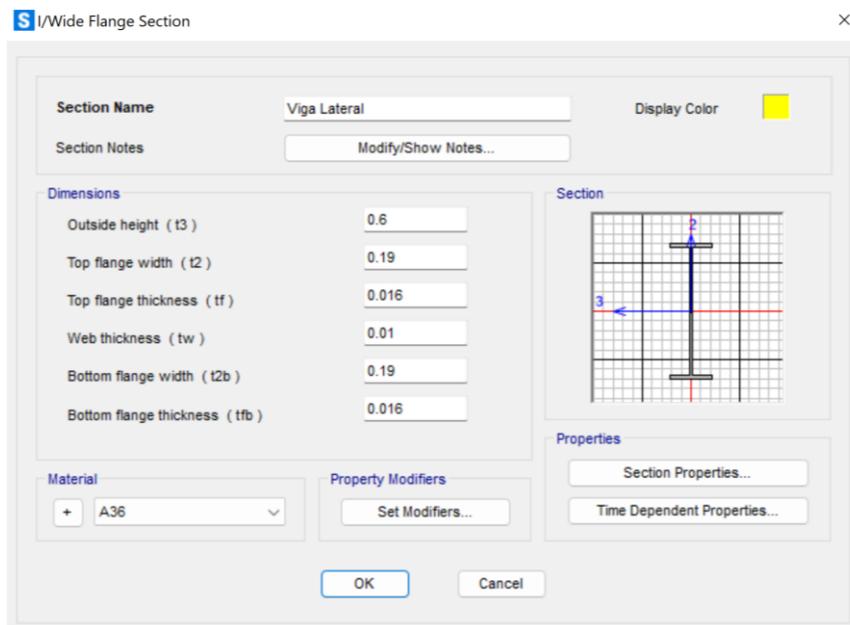


Fig. 22: Viga Lateral generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Viga de Arriostre

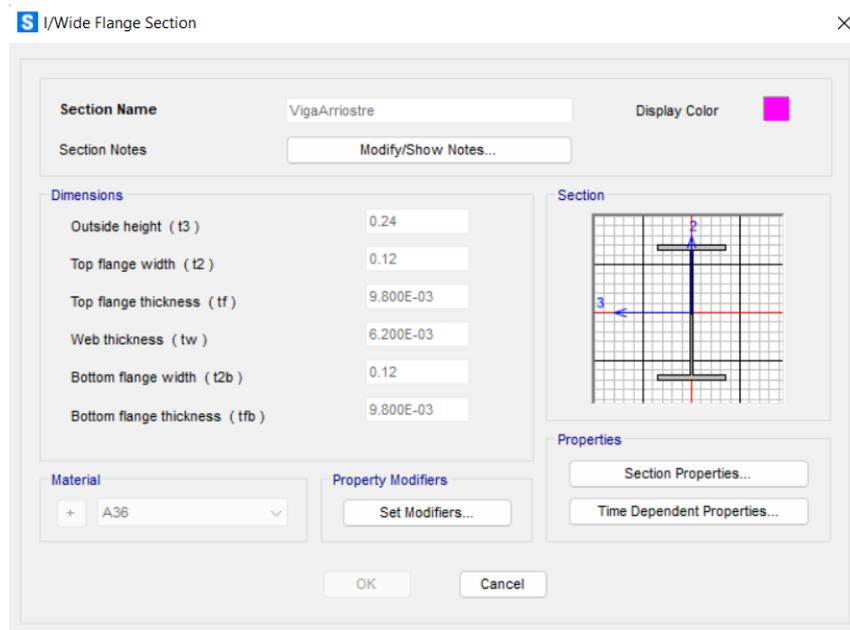


Fig. 23: Viga de Arriostre generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Correas

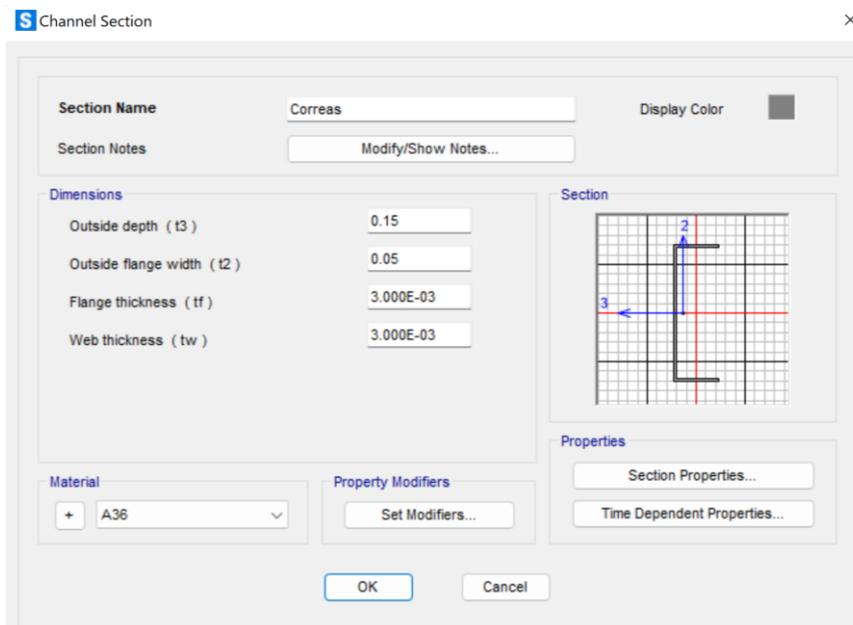


Fig. 24: Correa generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

2.6.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

En la NEC-15, la participación de una masa modal acumulada debe ser al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales consideradas, en este caso se consideraron 12 modos de vibración. En la tabla de a continuación se muestra lo antes mencionado.

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.8922	92.7586
MODAL	Acceleration	UY	99.9491	97.3149
MODAL	Acceleration	UZ	98.381	55.6892

Tabla 20: Proporciones de participación de carga modal
Fuente: SAP-2000

En la tabla de a continuación se presenta los 12 modos de vibración que fueron considerados en esta estructura:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.261877	0.000007317	0.893	5.393E-09	0.000007317	0.893	5.393E-09	0.006113	2.297E-08	0.051
MODAL	Mode	2	0.222451	0.926	0.00002101	0.001277	0.926	0.893	0.001277	1.504E-08	0.002332	0.00004603
MODAL	Mode	3	0.190491	0.000061	0.056	0.000000179	0.926	0.949	0.001278	0.00005737	1.121E-07	0.866
MODAL	Mode	4	0.108396	0.00005434	0.000004162	0.02	0.926	0.949	0.022	0.003358	0.00001905	0.00000607
MODAL	Mode	5	0.108347	3.401E-07	0.000006276	0.0001303	0.926	0.949	0.022	0.176	0.000000123	0.0003658
MODAL	Mode	6	0.108319	0.000783	6.283E-07	0.311	0.927	0.949	0.333	0.00222	0.0002928	0.000004163
MODAL	Mode	7	0.105699	0.0002343	0.000007554	0.077	0.927	0.949	0.41	0.011	0.00006957	0.00002538
MODAL	Mode	8	0.095154	0.0002907	4.657E-14	0.147	0.928	0.949	0.557	1.634E-07	0.0001258	1.218E-12
MODAL	Mode	9	0.095141	9.13E-10	0.00001394	4.544E-08	0.928	0.949	0.557	0.338	3.386E-11	0.0005117
MODAL	Mode	10	0.052607	0.00000469	6.353E-11	2.275E-07	0.928	0.949	0.557	2.026E-11	0.0001446	9.019E-14
MODAL	Mode	11	0.052561	9.179E-08	0.0001447	2.394E-11	0.928	0.949	0.557	0.00005325	0.000002971	0.00007304
MODAL	Mode	12	0.050676	0.0000702	0.024	1.546E-07	0.928	0.973	0.557	0.011	0.001944	0.018

Tabla 21: Proporciones de participación de masa modal
Fuente: SAP-2000

Comparación de análisis dinámico con el análisis estático

Este análisis está establecido por la NEC-SE-DS (2015), el cual hará uso del espectro sísmico de respuesta elástico de aceleraciones, donde se debe comprobar que el ajuste del cortante basal que se obtiene de la base de la estructura no debe ser menor al 85% del cortante basal estático.

Con los datos ingresados en SAP-2000, se obtienen los siguientes resultados:

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
SISMODX	LinRespSpec	Max	2222.83	13.39	92.61	1346.6	14221.33	30349.58
SISMODY	LinRespSpec	Max	13.39	2147.89	2.29	14344.55	163.14	29957.06
SISMOEX	LinStatic		-2767.44	-8.715E-15	-2.721E-11	-5.27	-18195.03	34593
SISMOEY	LinStatic		1.339E-11	-2510.82	-1.99E-13	17281.65	2.13	-25108.2

Tabla 22: Comparación de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

En la tabla 22 se observa que el cortante basal dinámico no es mayor al 85% del estático por lo que se debe escalar el espectro de respuesta en los dos sentidos, X y Y, para cumplir con el análisis.

El factor de escalamiento para X toma el valor de 1.06 y para Y no es necesario escalar el espectro, con estos datos se escala el espectro y se presentan los siguientes cortantes:

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
SISMODX	LinRespSpec	Max	2356.2	14.19	98.16	1427.39	15074.61	32170.55
SISMODY	LinRespSpec	Max	13.39	2147.89	2.29	14344.55	163.14	29957.06
SISMOEX	LinStatic		-2767.44	-8.715E-15	-2.721E-11	-5.27	-18195.03	34593
SISMOEY	LinStatic		1.339E-11	-2510.82	-1.99E-13	17281.65	2.13	-25108.2

Tabla 23: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

Al comparar los valores tanto en x como en y, se puede observar que el sismo dinámico cumple ahora con ser al menos el 85% del estático.

2.7 MODELACIÓN DE NAVE DE CERCHAS EN TUBO ESTRUCTURAL

En la figura.... se muestra el modelo ingresado en SAP-2000 de la tercera estructura en análisis, se tiene una luz de 20m con una cubierta a un agua.

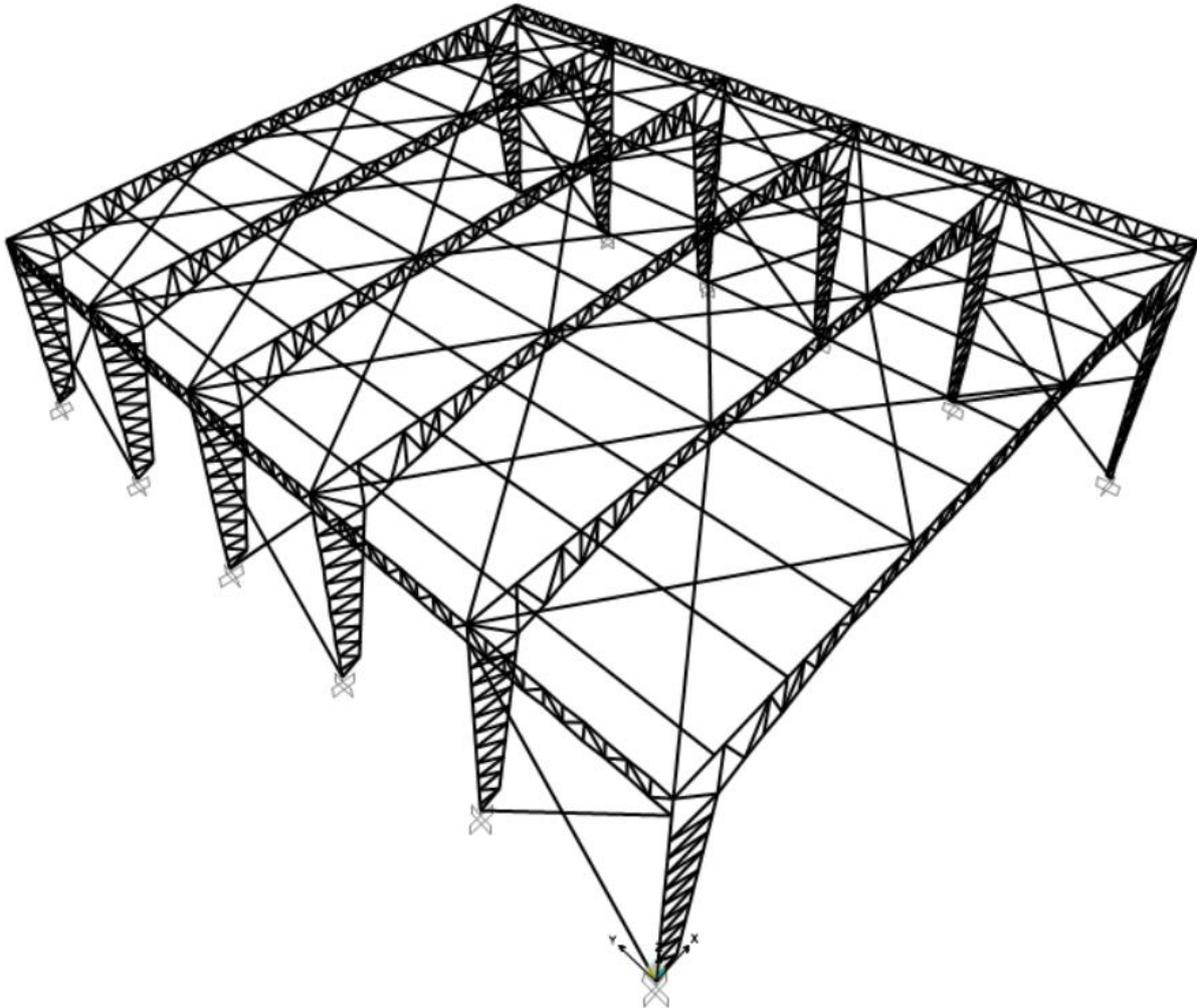


Fig. 25: Modelo tipología I
Fuente: SAP-2000

Materiales utilizados

Los materiales que se utilizaron para este modelo son acero A36 definidos anteriormente en el capítulo I, a continuación se presenta el ingreso del material al programa SAP-2000.

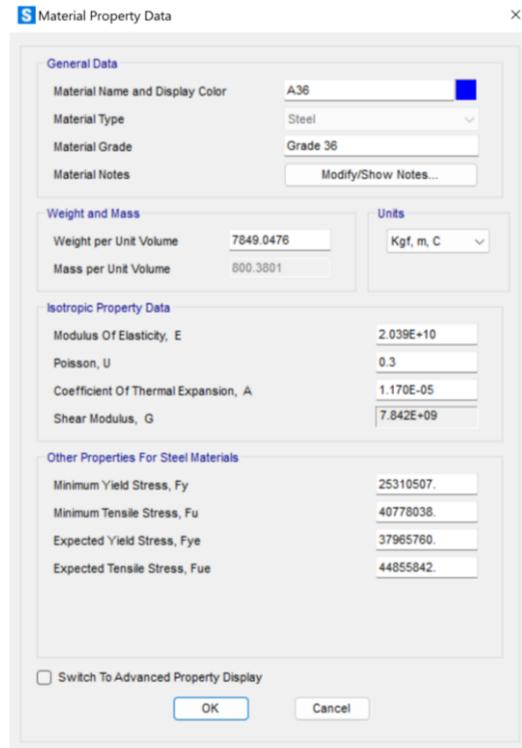


Fig. 26: Propiedades del material utilizado
Fuente: SAP-2000

Miembros estructurales

Para este modelo se cuenta con 8 clases de perfiles: cordón exterior e interior de columnas, cordón superior e inferior de vigas, cordón superior e inferior de vigas de arriostre, horizontales y diagonales de columnas, verticales y diagonales de vigas, verticales y diagonales de vigas de arriostre, correa y varilla. Como se muestra a continuación.

Cordón exterior e interior de columnas

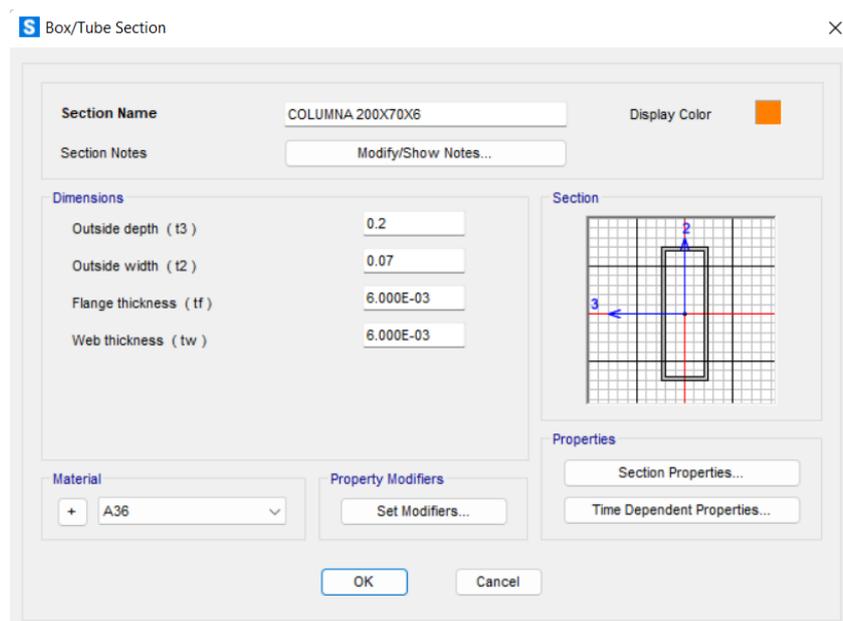


Fig. 27: Cordón exterior e interior de columnas generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Cordón superior e inferior de vigas

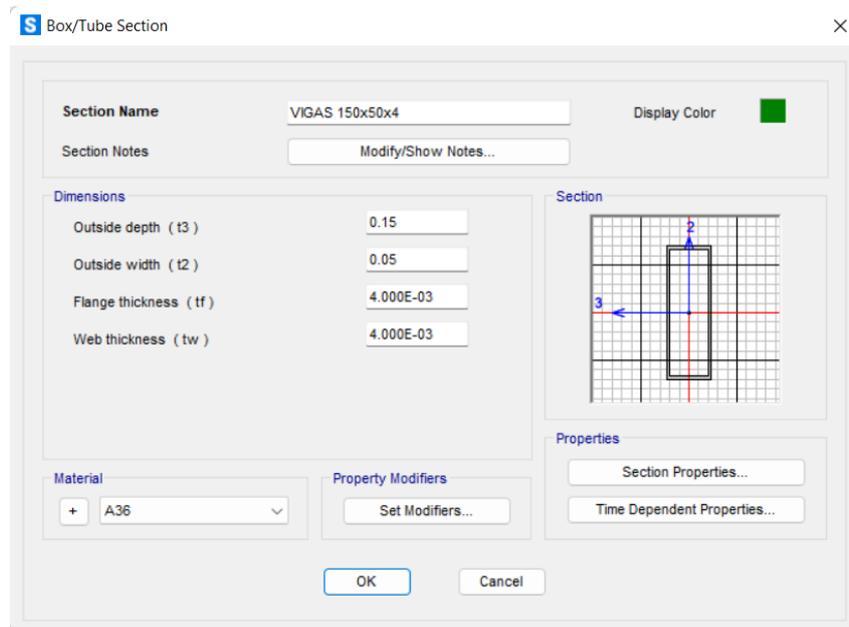


Fig. 28: Cordón superior e inferior de vigas generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Cordón superior e inferior de vigas de arriostre

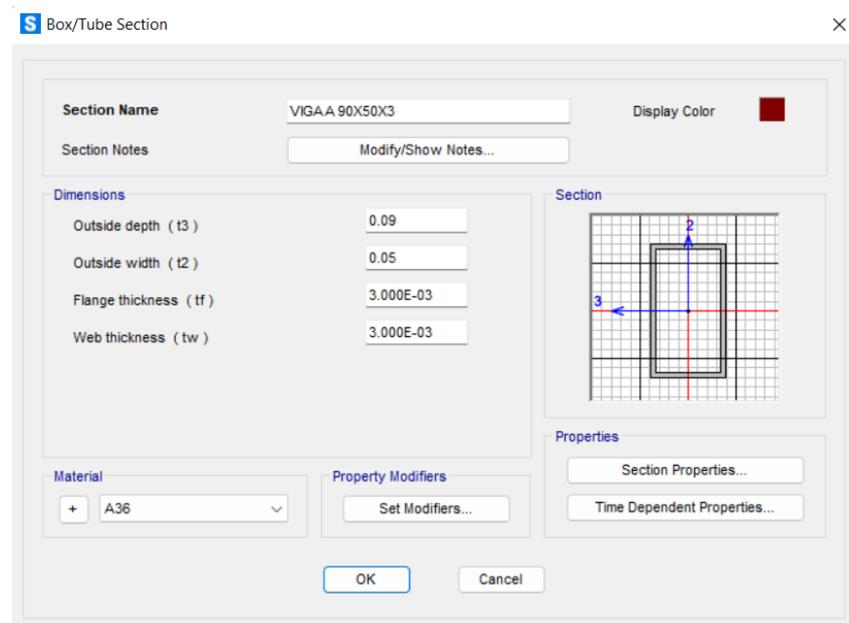


Fig. 29: Cordón superior e inferior de vigas de arriostre generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Horizontales y diagonales de columnas

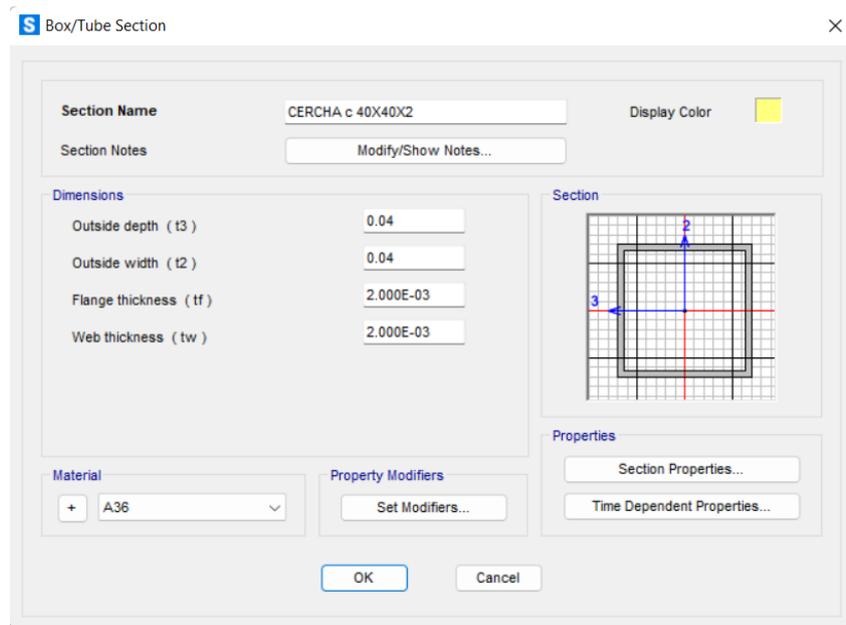


Fig. 30: Horizontales y diagonales de columnas generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Verticales y diagonales de vigas

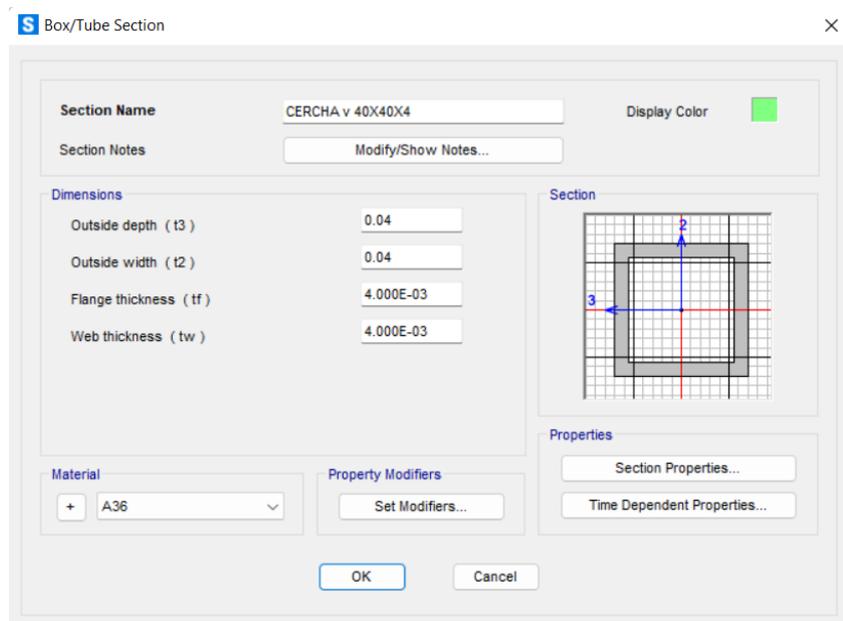


Fig. 31: Verticales y diagonales de vigas generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Verticales y diagonales de vigas de arriostre

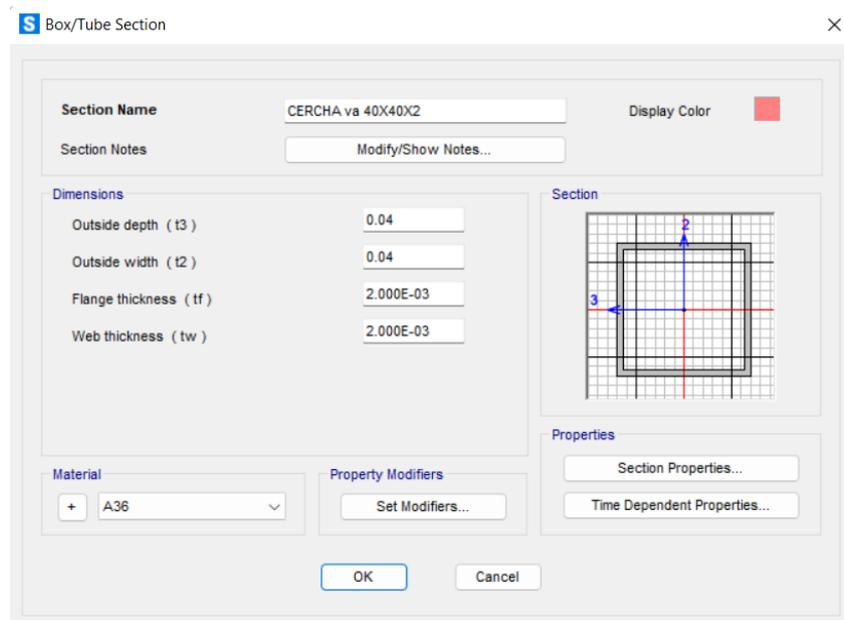


Fig. 32: Verticales y diagonales de vigas de arriostre generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

Correas

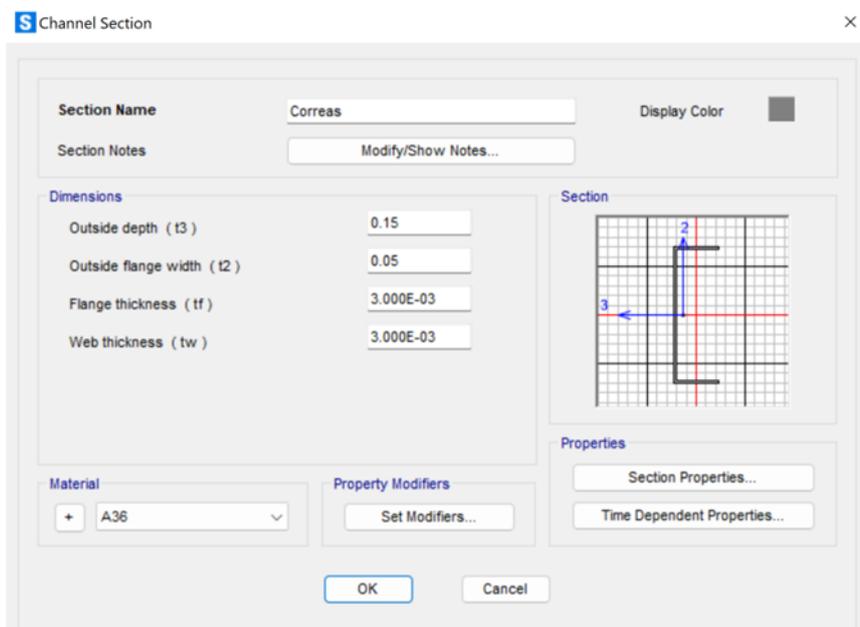


Fig. 33: Correas generado en SAP-2000
Fuente: SAP-2000

2.7.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

En la NEC-15, la participación de una masa modal acumulada debe ser al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales consideradas, en este caso se consideraron 12 modos de vibración. En la tabla de a continuación se muestra lo antes mencionado.

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.662	87.1089
MODAL	Acceleration	UY	99.6421	91.048
MODAL	Acceleration	UZ	78.1125	33.6125

Tabla 24: Proporciones de participación de carga modal
Fuente: SAP-2000

En la tabla siguiente se presenta los 12 modos de vibración que fueron considerados en esta estructura:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.20878	0.847	0.018	0.002784	0.847	0.018	0.002784	0.0001186	0.002519	0.003592
MODAL	Mode	2	0.205212	0.02	0.829	0.00007042	0.867	0.846	0.002854	0.004503	0.00005848	0.055
MODAL	Mode	3	0.158777	0.0005557	0.064	0.000006315	0.868	0.91	0.00286	0.0004574	0.000001192	0.797
MODAL	Mode	4	0.095134	0.002498	0.00000122	0.258	0.87	0.91	0.261	0.011	0.0002011	0.00009677
MODAL	Mode	5	0.094916	0.000002789	0.000003211	0.0001457	0.87	0.91	0.261	0.099	1.345E-08	0.0009672
MODAL	Mode	6	0.094551	0.0003106	0.00002684	0.031	0.871	0.91	0.292	0.0003073	0.0000209	0.00000139
MODAL	Mode	7	0.094145	0.00049	0.00004555	0.044	0.871	0.91	0.336	0.046	0.00002385	0.0005524
MODAL	Mode	8	0.088515	2.178E-07	0.000005845	0.0000863	0.871	0.91	0.336	0.000006861	7.458E-08	3.687E-09
MODAL	Mode	9	0.088316	3.629E-07	0.000001642	0.0000451	0.871	0.91	0.336	0.00002601	9.346E-10	6.291E-07
MODAL	Mode	10	0.088224	9.551E-08	0.000006317	3.159E-08	0.871	0.91	0.336	0.00004187	9.492E-08	5.485E-07
MODAL	Mode	11	0.088109	1.888E-07	8.533E-08	0.000001845	0.871	0.91	0.336	0.0000131	1.155E-07	4.066E-07
MODAL	Mode	12	0.088053	3.17E-08	9.222E-08	0.00001233	0.871	0.91	0.336	0.000001449	1.79E-08	6.852E-08

Tabla 25: Proporciones de participación de masa modal
Fuente: SAP-2000

Comparación de análisis dinámico con el análisis estático

Este análisis está establecido por la NEC-SE-DS (2015), el cual hará uso del espectro sísmico de respuesta elástico de aceleraciones, donde se debe comprobar que el ajuste del cortante basal que se obtiene de la base de la estructura no debe ser menor al 85% del cortante basal estático.

Con los datos ingresados en SAP-2000, se obtienen los siguientes resultados:

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	
SISMODX	LinRespSpec	Max	1427.36	50.94	97.74	1248.54	9503.68	18192.57	
SISMODY	LinRespSpec	Max	50.94	1410.62	3.15	9152.65	338.07	18218.98	
SISMOEX	LinStatic		-1843.14	-1.018E-11	-1.139E-09	-21.65	-13994.67	23039.25	
SISMOEY	LinStatic		-8.653E-10	-1843.14	3.172E-11	12773.48	3.81	-18431.4	

Tabla 26: Comparación de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

En la tabla 26 se observa que el cortante basal dinámico no es mayor al 85% del estático por lo que se debe escalar el espectro de respuesta en los dos sentidos X y Y, para cumplir con el análisis.

El factor de escalamiento para X toma el valor de 1.09 y para Y 1.09, con estos datos se escala el espectro y se presentan los siguientes cortantes:

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
SISMODX	LinRespSpec	Max	1550.11	55.32	106.14	1355.91	10321	19757.14
SISMODY	LinRespSpec	Max	56.64	1568.61	3.5	10177.74	375.93	20259.51
SISMOEX	LinStatic		-1843.14	-1.018E-11	-1.139E-09	-21.65	-13994.67	23039.25
SISMOEY	LinStatic		-8.653E-10	-1843.14	3.172E-11	12773.48	3.81	-18431.4

Tabla 27: Comparación con factor de escalamiento de cortante basal dinámico y estático
Fuente: SAP-2000

Al comparar los valores tanto en x como en y, se puede observar que el sismo dinámico cumple ahora con ser al menos el 85% del estático.

CAPITULO III

DISEÑOS ESTRUCTURALES

3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO I

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA

A continuación, se mostrará la verificación de cada uno de los miembros estructurales utilizados para la superestructura bajo la norma AISC 360-16.

3.1.1 VIGA

- PERFIL PRINCIPAL

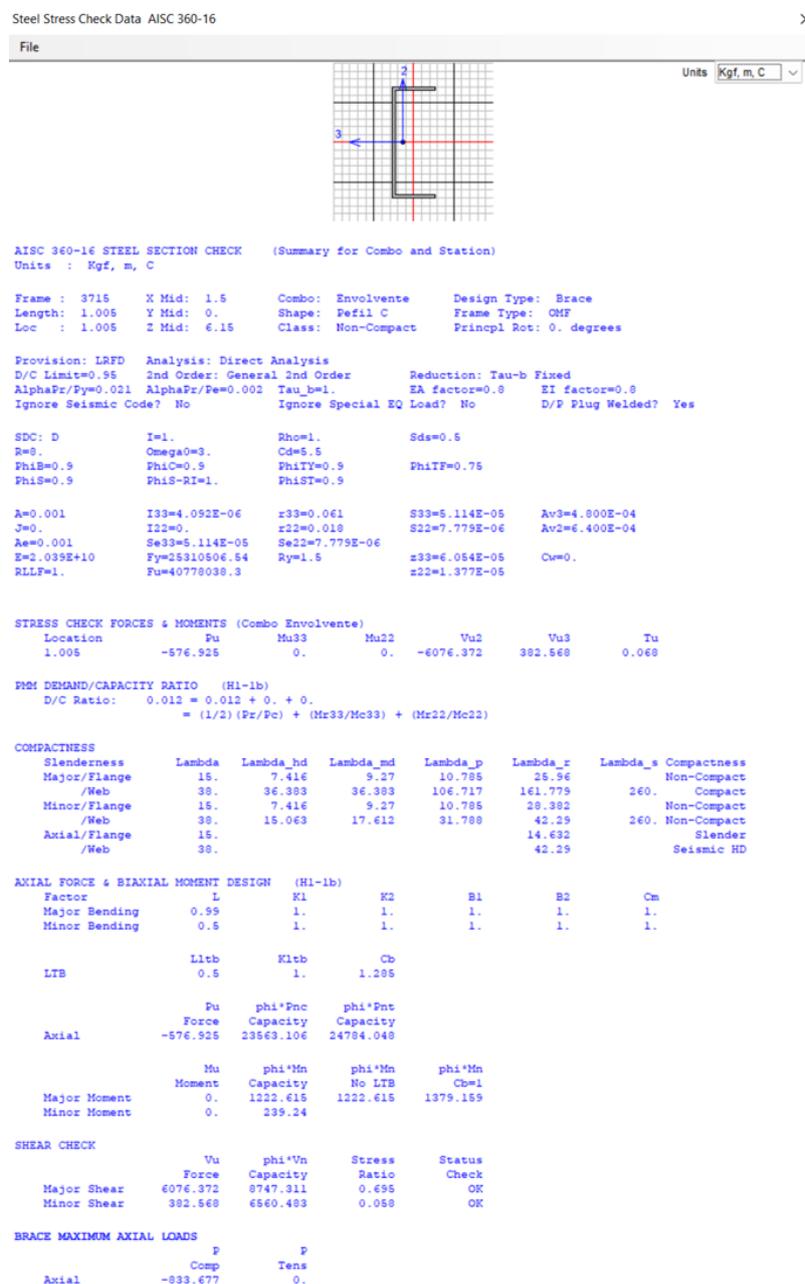


Fig. 34: Comprobación Perfil principal
Fuente: SAP-2000

- PERFIL SECUNDARIO

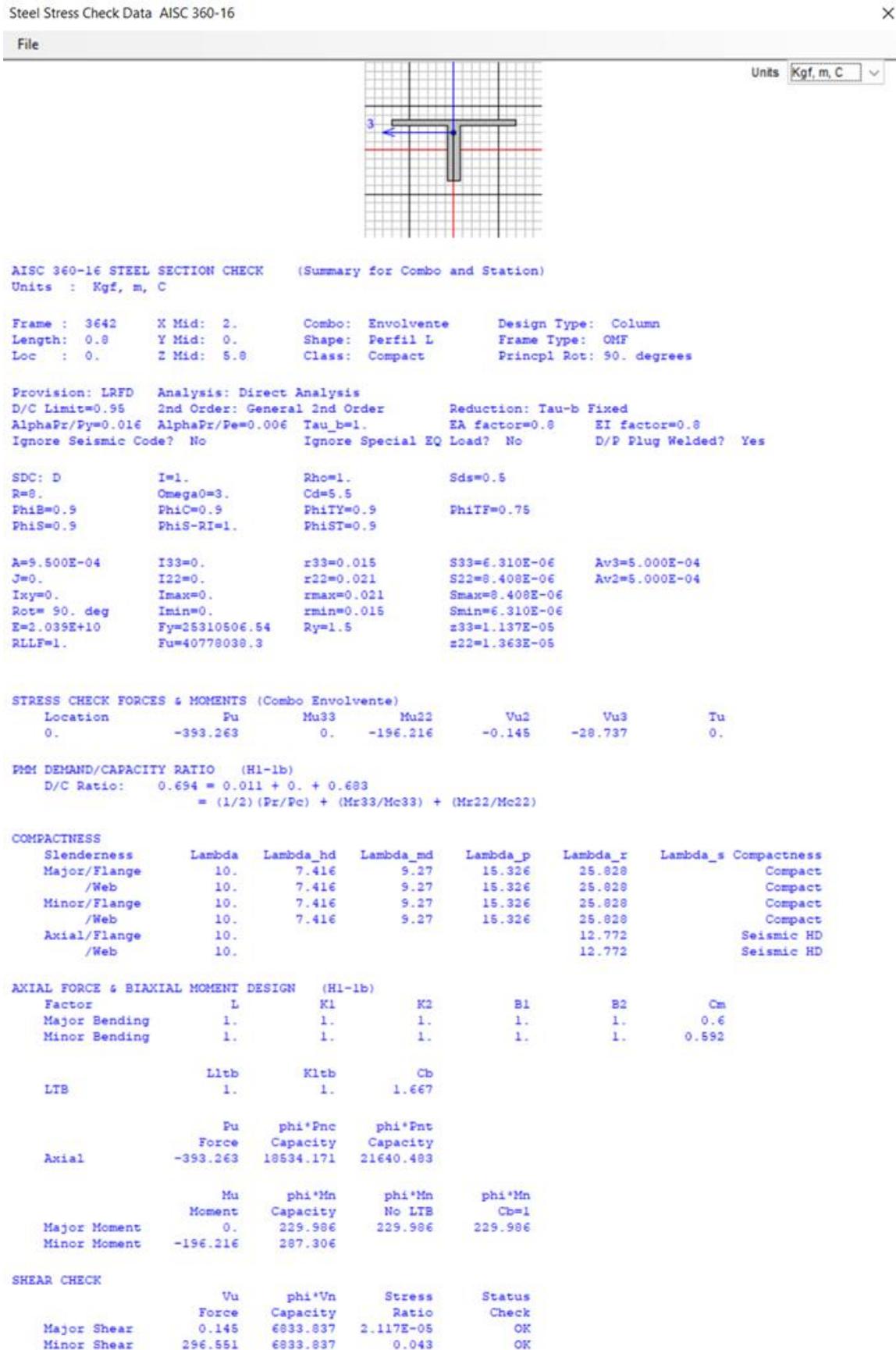


Fig. 35: Comprobación Perfil Secundario
Fuente: SAP-2000

3.1.2 CORREA

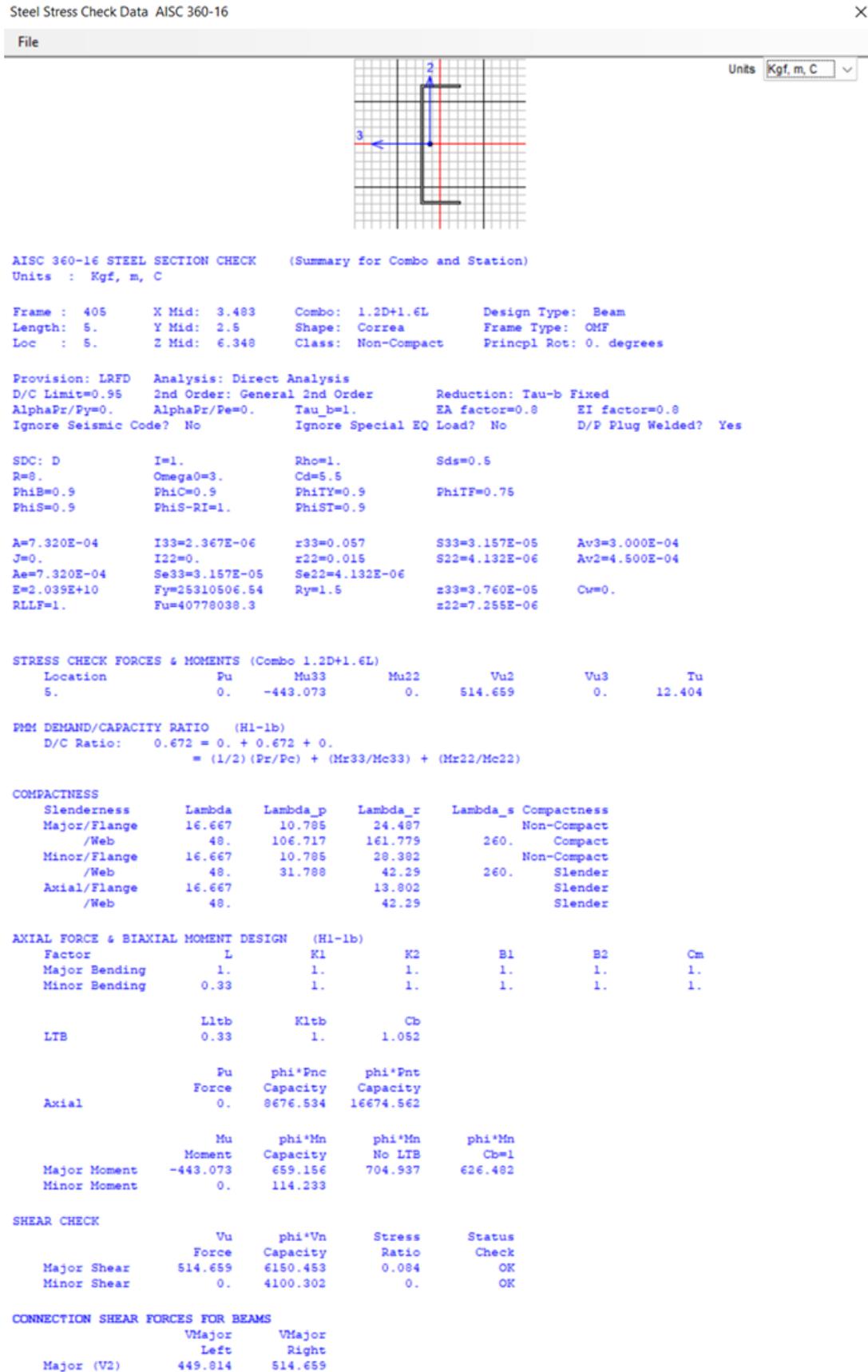


Fig. 36: Comprobación Correa
Fuente: SAP-2000

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA

3.1.3 VIGAS DE ARRIOSTRE

En el diseño de vigas se debe tomar en cuenta los efectos producidos por la flexión y el cortante.

Diseño a Flexión

Obtenemos los momentos últimos en el programa SAP-2000 y de estos se calcula el acero longitudinal requerido, suponiendo unas dimensiones para las vigas que soporten estos momentos.

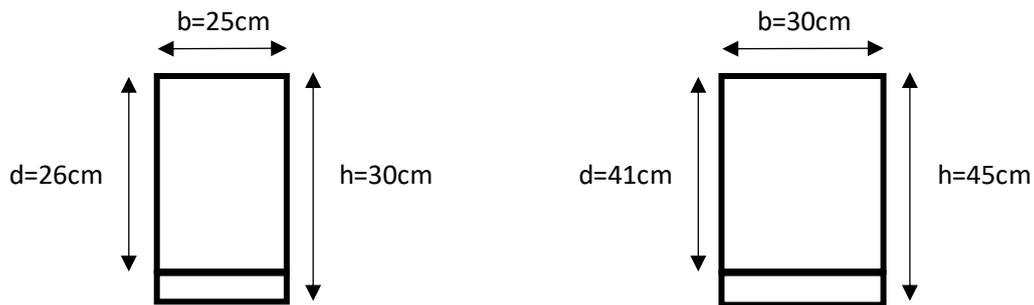


Fig. 37: Tipos de vigas y su recubrimiento
Fuente: Autor

Se parte de que la estructura presenta dos tipos de viga con un recubrimiento igual a 4cm, y para el cálculo correspondiente se aplica:

TIPO	DESCRIPCIÓN		b	h	Recubrimiento	d	Mu	$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy}$	$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * fy}} \right)$
			cm	cm	cm	cm	kg-cm		
25x35	Viga arriostre	Col 8m	25	35	4	31	3148.69	37.6429	0.03
25x25	Viga arriostre	Col 6m	25	25	4	21	1288.89	25.5000	0.02

Tabla 28: Descripción de vigas y su acero longitudinal requerido
Fuente: Autor

Donde:

K	Constante de simplificación
f'c	Resistencia a la compresión del hormigón
fy	Fluencia del acero
b	Dimensión de la base de la viga
h	Dimensión de la altura de la viga
d	Peralte efectivo
Mu	Momento flector último
Φ	Factor de reducción de resistencia a la flexión (0.9)
As	Acero longitudinal requerido

Se verifica que trabaje a fluencia el acero calculado:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$c = \frac{a}{0.85}$$

$$\varepsilon_s = \frac{0.003 \times (d - c)}{c}$$

Donde:

- a Profundidad del bloque de compresión
- c Profundidad del eje neutro
- b Dimensión de la base de la viga
- As Acero longitudinal
- f'c Resistencia a la compresión del hormigón
- fy Fluencia del acero
- εs Deformación del acero

TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Fluencia del acero				
				a	c	εs	εf	εs>=εf
				cm	cm			
25x35	Viga arriostre Col 8m	25	35	0.025	0.029	3.1966	0.0021	CUMPLE
25x25	Viga arriostre Col 6m	25	25	0.016	0.019	3.2483	0.0021	CUMPLE

Tabla 29: Fluencia del acero en vigas
Fuente: Autor

Se tiene el acero longitudinal calculado y con este se procede a comparar con el acero mínimo y máximo requerido, aplicando las siguientes formulas:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} \times b \times d \quad A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \times f_y} \times b \times d$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{s_{temp}} = \rho_{temp} \times b \times d$$

Donde:

- As_{min} Acero longitudinal mínimo requerido para la sección
- As_{max} Acero longitudinal máximo requerido para la sección
- As_{temp} Acero requerido por temperatura para la sección
- f'c Resistencia a la compresión del hormigón
- fy Fluencia del acero
- b Dimensión de la base de la viga
- d Peralte efectivo

Cálculo del Acero																				
TIPO	DESCRIPCIÓN		b		h	$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$	$A_{s_{max}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 * f_y} * b * d$	Asmín	Asmáx	As>Asmín	Astemp	Asecogido	φvarilla	As1Varilla	#varillas	φvarilla	As1Varilla	#varillas	Asreal	Distribución
			cm	cm																
25x35	Viga arriostre	Col 8m	25	35	2.583	0.715	2.583	9.411	NO CUMPLE	1.395	2.583333333	12	1.131	2	14	1.539	1	3.801	2φ12+1φ14	
25x25	Viga arriostre	Col 6m	25	25	1.750	0.484	1.750	6.375	NO CUMPLE	0.945	1.75	12	1.131	2	14	1.539	1	3.801	2φ12+1φ14	

Tabla 30: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas
Fuente: Autor

La distribución mostrada hace referencia al diámetro de las varillas y la cantidad de las mismas que serán colocadas en la sección de la viga.

Se comprueba que cumplan las cuantías mínimas y máximas:

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0.85 \times f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.5 \times \rho_b$$

$$\rho_{temp} = 0.0018$$

Donde:

- ρ Cuantía calculada en función de la sección
- As Acero real calculado en función de la distribución
- b Dimensión de la base de la viga
- d Peralte efectivo
- ρ_{min} Cuantía mínima requerida
- ρ_b Cuantía balanceada
- ρ_{max} Cuantía máxima requerida
- ρ_{temp} Cuantía por temperatura

Se debe verificar que ρ ≤ ρ_{max} para comprobar que el diseño resulte en una falla dúctil.

Verificación de Cuantías													
TIPO	DESCRIPCIÓN		b		h	$\rho = \frac{As}{b * d}$	ρ _{mín}	ρ > ρ _{mín}	ρ _b	ρ _{máx}	ρ _{temp}	ρ ≤ ρ _{max}	Tipo de falla
			cm	cm									
25x35	Viga arriostre	Col 8m	25	35	0.005	0.00180	CUMPLE	0.0243	0.0121	0.0018	CUMPLE	FALLA DUCTIL	
25x25	Viga arriostre	Col 6m	25	25	0.007	0.00180	CUMPLE	0.0243	0.0121	0.0018	CUMPLE	FALLA DUCTIL	

Tabla 31: Verificación de cuantías en vigas
Fuente: Autor

Para la separación mínima de las varillas longitudinales se toma el mínimo de los siguientes valores:

$$S = 2.5 \text{ cm}$$

$$S = \phi L$$

$$S = d_{agg}$$

$$S = \frac{b - 2 \times r - \#v \times \phi}{\#v - 1}$$

Donde:

S	Separación calculada según el diámetro y número de varillas
ΦL	Diámetro mayor de las varillas
d_{agg}	Tamaño máximo del agregado grueso
b	Dimensión de la base de la viga
r	Recubrimiento
#v	Número de varillas
Φ	Diámetro de las varillas

TIPO	DESCRIPCIÓN	Separación							
		b	h	Smín	Smín	Smín	2.5, $\phi l m, D$	S calculado	Scalculad o>=S
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
25x35	Viga arriostre Col 8m	25	35	2.5	1.4	2.5	2.5	5.60	CUMPLE
25x25	Viga arriostre Col 6m	25	25	2.5	1.4	2.5	2.5	5.60	CUMPLE

Tabla 32: Separación de varillas longitudinales en vigas
Fuente: Autor

Diseño a Corte

Igual que en el cálculo a flexión obtenemos las fuerzas cortantes en el programa SAP-2000 y de estas se calcula el acero de refuerzo requerido.

Se parte de los siguientes datos:

DATOS						
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu
		cm	cm	cm	cm	kgf
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20

Tabla 33: Descripción de vigas
Fuente: Autor

Donde:

b	Dimensión de la base de la viga
h	Dimensión de la altura de la viga
d	Peralte efectivo
V_u	Cortante último

Se calcula el máximo aporte del hormigón a la sección:

$$V_{C_{max}} = 1.33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Donde:

$V_{C_{max}}$	Aporte máximo del hormigón
λ	Factor de modificación (toma el valor de 1 según el ACI 318RS-19)
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón
b	Dimensión de la base de la viga
d	Peralte efectivo

Se calcula el máximo aporte de los estribos:

$$V_{S_{max}} = 2.22 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Donde:

$V_{S_{max}}$	Aporte máximo del acero
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón
b	Dimensión de la base de la viga
d	Peralte efectivo

Se calcula el cortante que va a aportar el hormigón:

$$\Phi V_c = 0.53 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Donde:

$V_{C_{max}}$	Aporte del hormigón
λ	Factor de modificación (toma el valor de 1 según el ACI 318RS-19)
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón
b	Dimensión de la base de la viga
d	Peralte efectivo
Φ	Factor de reducción de resistencia a cortante (0.75)

							Aporte concreto y acero				
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu	Vcmáx	Vsmáx	Vc	ΦV_c	$\Phi V_c/2$
		cm	cm		cm	cm	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93	15968.31034	26413.74642	6363.312	4772.484	2386.242
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	10817.24249	17893.18306	4310.630	3232.973	1616.486

Tabla 34: Aporte del concreto y el acero en vigas
Fuente: Autor

Para el área transversal mínima de los refuerzos por unidad de longitud, se toma el mayor de los siguientes valores:

$$\frac{A_{v_{min}}}{s} \geq 0.2 \times \sqrt{f'c} \times \frac{b}{f_y} \qquad \frac{A_{v_{min}}}{s} \geq 3.5 \times \frac{b}{f_y}$$

Donde:

$A_{v_{min}}$	Área de refuerzo mínima que debe tener la sección
S	Separación
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón
b	Dimensión de la base de la viga
f_y	Fluencia del acero

							Área transversal mínima		
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu	$A_{v,mín/s}$	$A_{v,mín/s}$	$A_{v,mín/s}$
		cm	cm		cm	cm	kgf	cm ² /m	cm ² /m
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93	1.844	2.083	2.083
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	1.844	2.083	2.083

Tabla 35: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas
Fuente: Autor

Se calcula la resistencia a cortante del acero y del hormigón:

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'c}$$

$$Vu' = \frac{Vu}{\phi \times b \times d}$$

$$Vs = Vu - Vc$$

Donde:

V_c	Aporte del hormigón
V_s	Aporte del acero
V_u	Cortante último de la sección
V_u'	Cortante último de la sección
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón
b	Dimensión de la base de la viga
d	Peralte efectivo
Φ	Factor de reducción de resistencia a cortante (0.75)

Se debe verificar que:

$$Vs < 2.12 \times \sqrt{f'c}$$

Donde:

V_s	Aporte del acero
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón

Se considera $V_u > V_c$, en el caso de que no se cumpla, la separación de los estribos va por especificación.

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Vu kgf	Resistencia a cortante de la sección					
							Vu kgf/cm2	Vc kgf/cm2	Vs kgf/cm2	2.12 (f'c)^0.5 kgf/cm2	Vs < 2.12 (f'c)^0.5	Vu > Vc
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93	29.99	8.21	21.78	32.84	CUMPLE	CALCULAR
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	30.74	8.21	22.53	32.84	CUMPLE	CALCULAR

Tabla 36: Resistencia a cortante de la sección en vigas
Fuente: Autor

Según el ACI 318RS-19, se calcula la separación de los refuerzos en relación con los siguientes parámetros:

$$S \leq 30cm$$

$$S \leq 8\phi_L$$

$$S \leq 24\phi_T$$

$$S \leq \frac{d}{4}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y}{(V_u - V_c) \times b}$$

Donde:

Φ_L	Diámetro de varilla longitud calculada por flexión
Φ_T	Diámetro de estribos ($\phi = 10mm$)
S	Separación calculada
A_v	Área por cortante (con $\phi = 10 mm$)

Vu Cortante último de la sección
Vc Resistencia del hormigón al corte
b Dimensión de la base de la viga

Esta separación se cumplirá hasta 2h desde el apoyo de la viga.

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Vu kgf	Separación hasta 2h del apoyo					S calculado <= Smáx cm	S escogido cm	2h cm
							S calculado cm	Smáx cm	Smáx cm	Smáx cm	Smáx cm			
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93	12	20	7	24	7	NO CUMPLE	7	70
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	12	20	7	24	5	NO CUMPLE	5	50

Tabla 37: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas
Fuente: Autor

La distancia desde la superficie de apoyo hasta el primer estribo debe ser de 5 cm, sin embargo si la mitad del espacio seleccionado es inferior a 5 cm, se seleccionará ese valor.

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Vu kgf	Separación primer estribo		
							S escogido cm	S cm	S escogido cm
							25x35	Col 8m	25
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	5	6	2

Tabla 38: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas
Fuente: Autor

En la parte central, la distancia entre los estribos será igual al peralte efectivo dividido para dos.

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Vu kgf	Separación parte central		
							d/2 cm	Luz cm	Distancia cm
25x35	Col 8m	25	35	4	31	17429.93	15	430	290
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	10	450	350

Tabla 39: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas
Fuente: Autor

Se comprueba que el armado real cumpla con el armado mínimo:

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Vu kgf	# ESTR m	A. ESTR cm2	A. ESTR*m cm2/m	
25x25	Col 6m	25	25	4	21	12104.20	16	0.79	12.64	CUMPLE

Tabla 40: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas
Fuente: Autor

Donde:

ESTR Cantidad de estribos involucrados por cada espaciamiento
Av.min Área mínima de varilla de refuerzo
Av. real Área real de varilla de refuerzo ($\phi = 10\text{mm}$)

3.1.4 COLUMNAS

Al diseñar columnas se tienen en cuenta los efectos de compresión y cortante. Para la nave que tiene como subestructura de hormigón armado se trabaja con dos tipos de columnas, una de 80x40 cm y de 40x40 cm, en las dos secciones se tiene un recubrimiento de 4cm en ambos lados. A continuación se presenta un esquema en donde constan las dimensiones y el diámetro de las varillas a utilizar:

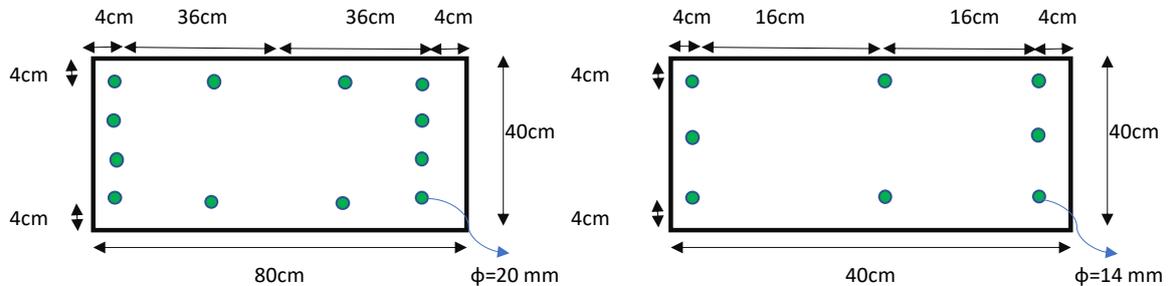


Fig. 38: Tipos de columnas y su recubrimiento
Fuente: Autor

Es necesario verificar que se cumpla la cuantía máxima y mínima en los dos tipos de columna. La cuantía mínima para una columna es del 1% pero la cuantía máxima dependerá de la zona en donde esté ubicada la estructura. En este proyecto al tratarse de una zona sísmica la cuantía máxima es del 6%.

La separación entre varillas longitudinales se define por la siguiente expresión:

$$S = \frac{b - 2 \times r - \#v \times \phi}{\#v - 1}$$

Donde:

- S Separación calculada según el diámetro y número de varillas (cm).
- b Dimensión de la base de la columna (cm).
- r Recubrimiento (4cm).
- #v Número de varillas.
- Φ Diámetro de las varillas (cm).

Además, la separación calculada debe ser mayor a:

$$S \geq 4 \text{ cm}$$

$$S \geq 4 \phi L \text{ cm}$$

$$S \geq 1.33 \text{ dagg}$$

Donde:

- ϕL Diámetro mayor de las varillas (cm)
- dagg Tamaño máximo del agregado grueso (2.5 cm)

f'c	240.00	kg/cm2
fy	4,200.00	kg/cm2
Es	200,000.00	MPa
b col	80	cm
h col	40	cm
recubrimiento	4	cm
φv	20	mm
#varillas	12	
As real	37.70	cm2
Ag	3200	cm2
Pu	10097.615	kgf
Mu	469,756.70	kgf-cm
ρ	0.0118	
ρmín	0.01	
ρmáx	0.06	Z. sísmica
ρ<=ρmáx	CUMPLE	
ρ>=ρmín	CUMPLE	
smín	4	cm
	3	cm
	3.33	cm
S calculado x	32	cm
S calculado y	7	cm
Scalculado>Smín	CUMPLE	

Tabla 41: Cumplimiento de cuantías y cálculo de separación para columnas de 80x40
Fuente: Autor

f'c	240.00	kg/cm2
fy	4,200.00	kg/cm2
Es	200,000.00	MPa
b col	40	cm
h col	40	cm
recubrimiento	4	cm
φv	14	mm
#varillas	16	
As real	24.63	cm2
Ag	1600	cm2
Pu	17438.905	kgf
Mu	266,423.26	kgf-cm
ρ	0.01539	
ρmín	0.01	
ρmáx	0.06	Z. sísmica
ρ<=ρmáx	CUMPLE	
ρ>=ρmín	CUMPLE	
smín	4	cm
	2.1	cm
	3.33	cm
S calculado x	13	cm
S calculado y	8	cm
Scalculado>Smín	CUMPLE	

Tabla 42: Cumplimiento de cuantías y cálculo de separación para columnas de 40x40
Fuente: Autor

Flexocompresión en columnas

En la flexocompresión se busca crear diagramas de interacción que representen el comportamiento de infinitos pares de valores que la sección transversal puede resistir.

En las curvas de interacción cuando el momento es cero, el eje neutro se encuentra en el infinito y cuando el valor de la fuerza axial es cero, el eje neutro está dentro de la sección transversal.

Dependiendo del sentido del momento se va a tener zonas comprimidas y zonas traccionadas. Mediante un proceso iterativo se van variando las posiciones del eje neutro, obteniendo así el bloque de compresión y deformaciones tanto de tracción como de compresión, para cada acero colocado en la sección.

La deformación del hormigón por el bloque de compresión es de 0.003 cm. Por otro lado, la deformación del acero se calcula en función de la distancia al eje neutro por proporcionalidad.

Los valores de fuerza axial y momentos máximos (kgf.cm) que se toman para el cálculo en cada tipo de columna son los siguientes:

Joint Object	1	Joint Element	1	2	3
Force	1725.841			1158.382	10097.615
Moment	-243765.8			469756.7	4206.969

Tabla 43: Fuerza axial y momento de columnas de 80x40
Fuente: Autor

Joint Object	145	1	Joint Element	145	2	3
Force		735.			-697.431	17438.905
Moment		-165139.6			266423.26	3148.672

Tabla 44: Fuerza axial y momento de columnas de 40x40
Fuente: Autor

Con lo anteriormente descrito, se obtienen los siguientes diagramas de interacción:

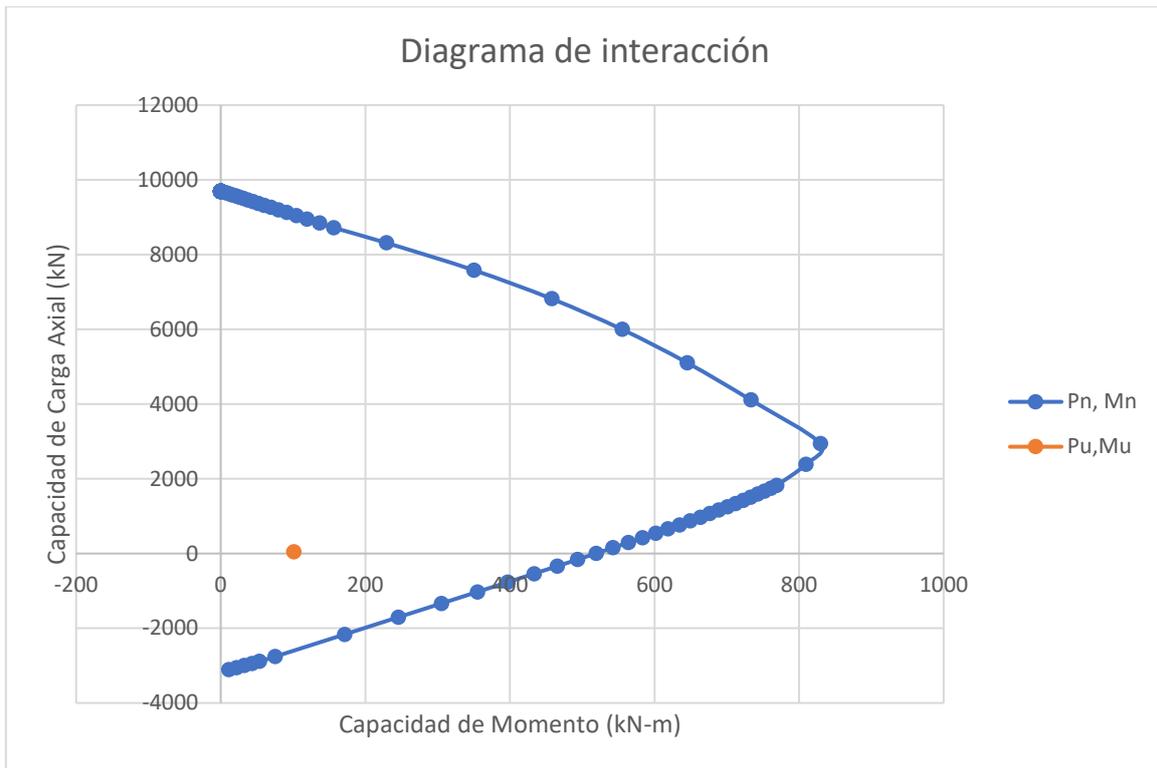


Fig. 39: Diagrama de interacción para columnas de 80x40
Fuente: Autor

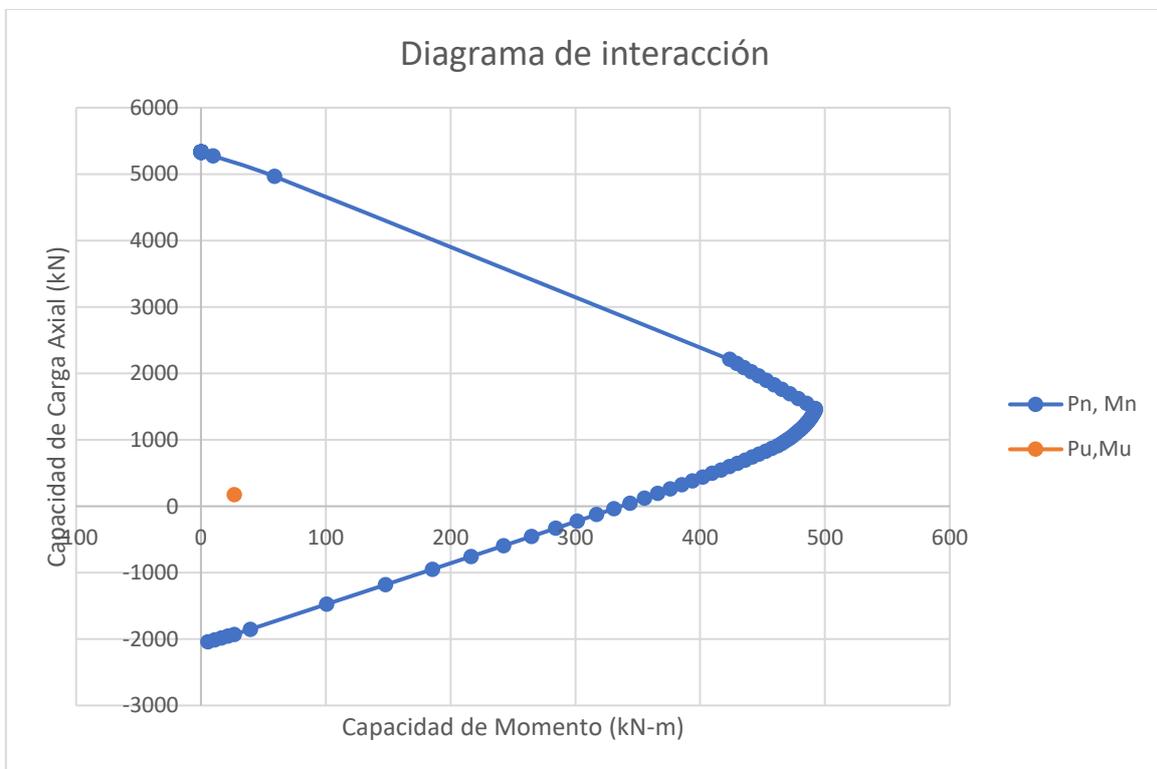


Fig. 40: Diagrama de interacción para columnas de 40x40
Fuente: Autor

Para verificar si la sección es capaz de soportar las solicitaciones, los pares de valores de P_u y M_u deben estar dentro o en la curva.

Diseño a corte

Se calcula igual que los elementos estructurales tipo viga.

Los valores máximos de cortante para cada tipo de columna se obtienen del programa SAP-2000 y se muestran a continuación:

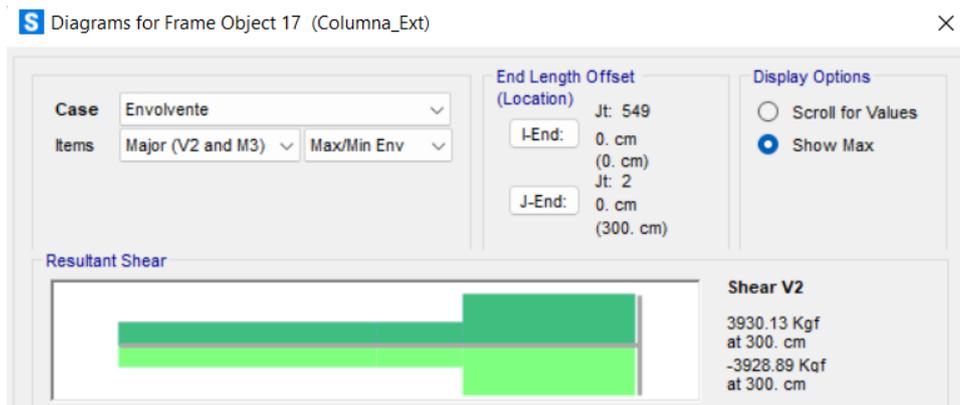


Fig. 41: Diagrama de cortante máximo para columnas de 80x40 y longitud de 3m.
Fuente: SAP-2000

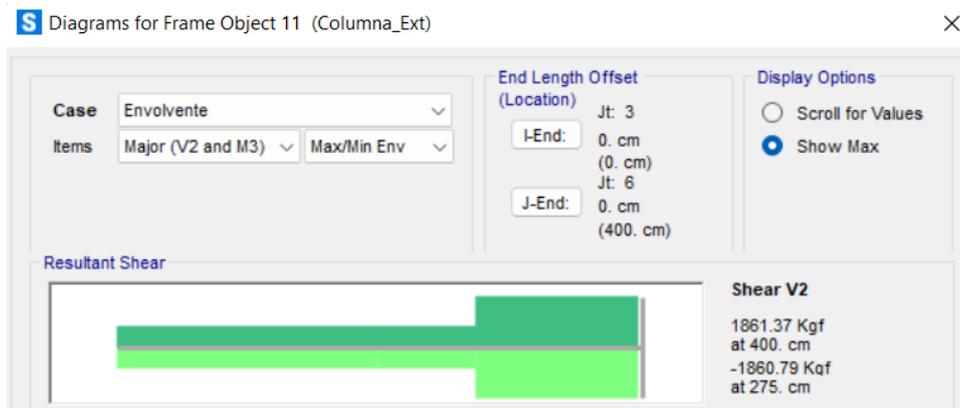


Fig. 42: Diagrama de cortante máximo para columnas de 80x40 y longitud de 4m.
Fuente: SAP-2000

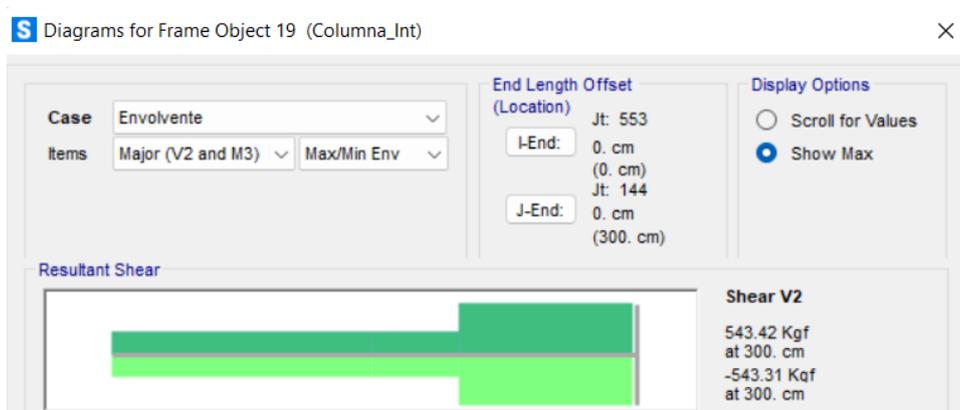


Fig. 43: Diagrama de cortante máximo para columnas de 40x40 y longitud de 3m.
Fuente: SAP-2000

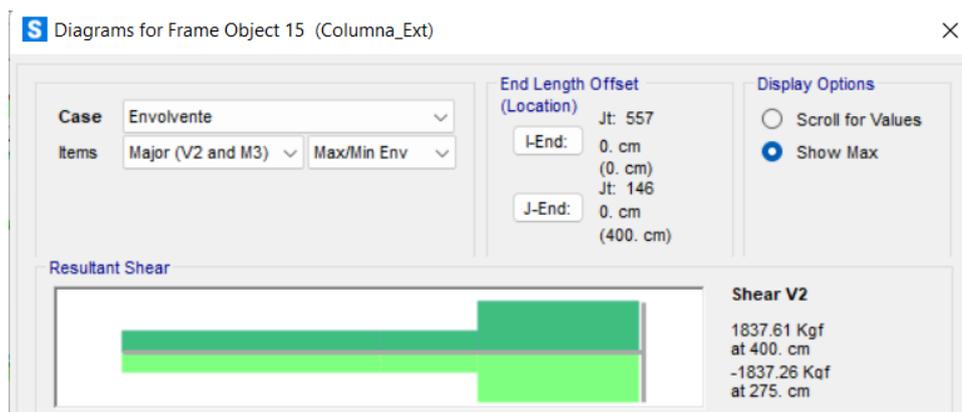


Fig. 44: Diagrama de cortante máximo para columnas de 40x40 y longitud de 4m.
Fuente: SAP-2000

Con los valores obtenidos de SAP-2000, procedemos a calcular la resistencia a corte para el hormigón, así como para el acero.

TIPO	DESCRIPCIÓN	b cm	h cm	Recubrimiento cm	d cm	Luz Columna cm	Luz Libre cm	Vu kgf	Aporte concreto y acero				
									Vcmáx kgf	Vsmáx kgf	Vc kgf	ϕVc kgf	$\phi Vc/2$ kgf
80x40	Esq	80	40	4	36	400	345	1861.37	59340.3016	98156.8899	23646.887	17735.165	8867.583
40x40	Med	40	40	4	36	400	355	1837.61	29670.1508	49078.445	11823.444	8867.583	4433.791
80x40	Esq	80	40	4	36	300	245	3930.13	59340.3016	98156.8899	23646.887	17735.165	8867.583
40x40	Med	40	40	4	36	300	255	543.42	29670.1508	49078.445	11823.444	8867.583	4433.791

Tabla 45: Aporte del concreto y el acero en columnas
Fuente: Autor

A continuación, calculamos el acero mínimo requerido para la sección por cortante con las fórmulas mencionadas anteriormente.

TIPO	DESCRIPCIÓN	Área transversal mínima		
		Av,mín/s cm2/m	Av,mín/s cm2/m	Av,mín/s cm2/m
80x40	Esq	0.187	6.667	6.667
40x40	Med	2.951	3.333	3.333
80x40	Esq	5.902	6.667	6.667
40x40	Med	2.951	3.333	3.333

Tabla 46: Área transversal mínima requerida por cortante en columnas
Fuente: Autor

Para determinar la separación de los estribos, se debe comparar si $V_u > V_c$ para colocarse por especificación o se debe calcular.

TIPO	DESCRIPCIÓN	Resistencia a cortante de la sección					
		Vu kgf/cm2	Vc kgf/cm2	Vs kgf/cm2	$2.12 (f'c)^{0.5}$ kgf/cm2	$Vs < 2.12 (f'c)^{0.5}$	Vu>Vc
80x40	Esq	0.86	8.21	-7.35	32.84	CUMPLE	POR ESPECIFICACIÓN
40x40	Med	1.70	8.21	-6.51	32.84	CUMPLE	POR ESPECIFICACIÓN
80x40	Esq	1.82	8.21	-6.39	32.84	CUMPLE	POR ESPECIFICACIÓN
40x40	Med	0.50	8.21	-7.71	32.84	CUMPLE	POR ESPECIFICACIÓN

Tabla 47: Resistencia a cortante de la sección en columnas
Fuente: Autor

Los estribos de confinamiento se deben colocar en una longitud lo que se representa la luz libre de la viga.

El valor de l_o no puede ser menor que el mayor de

$$l_o \geq \frac{\text{Luz libre de la columna}}{6}$$

$l_o \geq$ mayor dimensión de la sección transversal de la columna

$$l_o \geq 450 \text{ mm}$$

El espaciamiento no debe exceder el menor de

$$S_o \leq 6\phi L$$

$$S_o \leq 100 \text{ mm}$$

En caso de que el espaciamiento calculado sea mayor a los valores máximos, escogemos el menor valor del máximo por norma.

		Separación hasta l_o del apoyo								
TIPO	DESCRIPCIÓN	Lo	Lo	Lo	S calculado	Smáx	Smáx	Scalculado <= Smáx	S escogido	Lo
		cm	cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm
80x40	Esq	57.50	80	45		12	10	NO CUMPLE	10	80
40x40	Med	59.17	40	45		12	10	NO CUMPLE	10	59.17
80x40	Esq	40.83	80	45		12	10	NO CUMPLE	10	80
40x40	Med	42.5	40	45		12	10	NO CUMPLE	10	45

Tabla 48: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de la columna
Fuente: Autor

El valor para la separación del primer estribo es de 5cm, sin embargo si la mitad de la separación escogida es menor a estos 5cm, se escoge ese dato para la distancia del primer estribo.

		Separación primer estribo	
TIPO	DESCRIPCIÓN	S	S escogido
		cm	cm
80x40	Esq	5	5
40x40	Med	5	5
80x40	Esq	5	5
40x40	Med	5	5

Tabla 49: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en columnas
Fuente: Autor

Para los estribos de la parte central se colocarán con una separación igual a la mitad del peralte efectivo y se distribuyen por lo largo de la luz menos la distancia de $L/2$.

Separación parte central			
TIPO	Smáx	Smáx	S escogido
	cm	cm	cm
80x40	12	15	12
40x40	12	15	12
80x40	12	15	12
40x40	12	15	12

Tabla 50: Separación de aceros de refuerzo en la parte central de la columna
Fuente: Autor

Por último, se comprobará si el acero que aportan los estribos es mayor al acero mínimo calculado para cada sección.

TIPO	DESCRIPCIÓN	Área transversal mínima	COMPROBACION			
		Av,mín/s cm2/m	# ESTR m	A. ESTR cm2	A. ESTR*m cm2/m	
80x40	Esq	6.667	10.6666667	0.79	8.42666667	CUMPLE
40x40	Med	3.333	10.3194444	0.79	8.15236111	CUMPLE
80x40	Esq	6.667	10.6666667	0.79	8.42666667	CUMPLE
40x40	Med	3.333	10.0833333	0.79	7.96583333	CUMPLE

Tabla 51: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en columnas
Fuente: Autor

DISEÑO DE LA CIMENTACION

3.1.5 ZAPATAS

El tipo de cimentación escogida para el proyecto es zapata aislada. El diseño que se va a presentar a continuación es el diseño de una zapata en particular, las zapatas faltantes tendrán un procedimiento similar en su diseño.

Datos impuestos:

DATOS		
f'c	240	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
Df	150	cm
qadm	2	kg/cm ²
ac	40	cm
bc	40	cm

Tabla 52: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas
Fuente: Autor

Donde:

f'c	Resistencia última del hormigón
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
Df	Profundidad mínima de cimentación
qadm	Esfuerzo admisible del suelo
ac	Alto de sección transversal de la columna
bc	Base de sección transversal de la columna

Determinación de dimensionamiento de contacto zapata-suelo, se aplica la siguiente fórmula para el pre-dimensionamiento:

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

A	Superficie de contacto
P	Solicitaciones de servicio (D+L)

A	6629.339	cm ²
---	----------	-----------------

Tabla 53: Área asumida para zapatas
Fuente: Autor

calculado			asumido
B	81.42	cm	100
L	81.42	cm	100
			A'
			10000

Tabla 54: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas
Fuente: Autor

El cálculo nos arroja que se requiere un elemento con dimensiones menores al mínimo que es 100cm, por lo que se asume B y L con la longitud mínima.

Se aplican las siguientes fórmulas para verificar la excentricidad de carga (servicio) que se encuentra en el tercio medio de la cimentación:

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad e_y = \frac{M_x}{P} \quad e_x < \frac{B}{6} \quad e_y < \frac{L}{6}$$

Donde:

- e_x Excentricidad en x
- e_y Excentricidad en y
- M_x Momento de servicio alrededor del eje X
- M_y Momento de servicio alrededor del eje Y
- P Carga axial
- B Dimensión de la cimentación en el sentido X
- L Dimensión de la cimentación en el sentido Y

e_x	0.00212	cm
e_y	0.01700	cm
e_{maxx}	17	cm
B/6	Cumple	
e_{maxy}	17	cm
L/6	Cumple	

Tabla 55: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas
Fuente: Autor

Se supone que el suelo tiene un comportamiento elástico y que la carga aplicada se encuentra en el tercio medio de la cimentación, calculamos el esfuerzo máximo con la siguiente formula:

$$q_{max} = \frac{P}{A} \times \left(1 + \frac{6 \times e_x}{B} + \frac{6 \times e_y}{L} \right)$$

Donde:

- q_{max} Esfuerzo admisible del suelo
- P Carga axial de servicio
- A Área de la superficie de contacto
- e_x Excentricidad en x
- e_y Excentricidad en y
- B Dimensión de la cimentación en el sentido X
- L Dimensión de la cimentación en el sentido Y

qmax	1.33	kg/cm ²
qmax < qadm	cumple	

Tabla 56: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible
Fuente: Autor

A continuación, se presenta el esquema para la zapata cumpliendo con los parámetros.

qmax/qadm	0.665		
A	10000		
Aincre	6650		
calculado			asumido
b	81.55	cm	100
L	81.55	cm	100
			A'(cm ²)
			10000.00
qmax	1.33	kg/cm ²	
condicion	Cumple		

Tabla 57: Comprobación de medidas impuestas
Fuente: Autor

b	100	cm
L	100	cm
ac	30	cm
bc	60	cm

Tabla 58: Dimensiones en planta propuestas para el plinto
Fuente: Autor

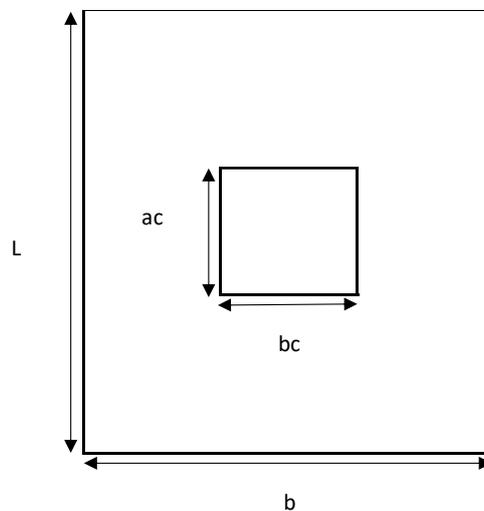


Fig. 45: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Autor

Cálculo de diagrama de reacciones en el suelo (cargas ultimas)

El proceso para el cálculo de la excentricidad es el mismo, y posteriormente se obtienen los esfuerzos últimos definidos por las reacciones del suelo.

$$q_1 = \frac{P_u}{A} \times \left(1 + \frac{6 \times e_x}{B} + \frac{6 \times e_y}{L} \right) \quad q_2 = \frac{P_u}{A} \times \left(1 - \frac{6 \times e_x}{B} + \frac{6 \times e_y}{L} \right)$$

$$q_3 = \frac{P_u}{A} \times \left(1 + \frac{6 \times e_x}{B} - \frac{6 \times e_y}{L} \right) \quad q_4 = \frac{P_u}{A} \times \left(1 - \frac{6 \times e_x}{B} - \frac{6 \times e_y}{L} \right)$$

Donde:

- q_1, q_2, q_3, q_4 Esfuerzos últimos definidos por las reacciones del suelo
 P Carga axial de servicio
 A Área de la superficie de contacto
 e_x Excentricidad en x
 e_y Excentricidad en y
 B Dimensión de la cimentación en el sentido X
 L Dimensión de la cimentación en el sentido Y

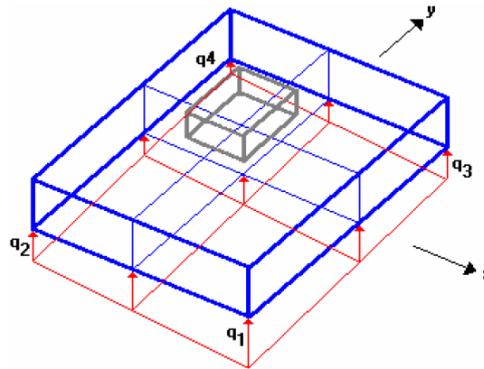


Fig. 46: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

e_x	0.00	cm
e_y	0.02	cm
q_1	1.75	kg/cm ²
q_2	1.75	kg/cm ²
q_3	1.74	kg/cm ²
q_4	1.74	kg/cm ²

Tabla 59: Valores de q en cada esquina del plinto
Fuente: Autor

Diseño a corte

Consideraciones del plinto:

Consideraciones del plinto		
h	30	cm
Δx	10	cm
Δy	8	cm
recubmin	7.5	cm
ϕ varilla	14	mm

Tabla 60: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas
Fuente: Autor

Donde:

- h Espesor asumido
 Δx Distancia asumida desde la cara inferior del hormigón hasta el refuerzo en X
 Δy Distancia asumida desde la cara inferior del hormigón hasta el refuerzo en Y
 recubmin Recubrimiento mínimo
 ϕ varilla Diámetro de la varilla de refuerzo

Para el cortante tipo viga su sección crítica es igual a la distancia d (peralte efectivo). Entonces para la dirección X sería el espesor del plinto menos los 10cm mostrados en la tabla anterior y de la misma forma asumimos para la dirección Y donde restaríamos 8cm.

Para calcular los esfuerzos máximos y mínimos aplicamos las siguientes formulas:

En la dirección X:

$$q_{max} = \frac{P_u}{A} \times \left(1 + \frac{6 \times e_x}{B}\right) \qquad q_{min} = \frac{P_u}{A} \times \left(1 - \frac{6 \times e_x}{B}\right)$$

En la dirección Y:

$$q_{max} = \frac{P_u}{A} \times \left(1 + \frac{6 \times e_y}{L}\right) \qquad q_{min} = \frac{P_u}{A} \times \left(1 - \frac{6 \times e_y}{L}\right)$$

Donde:

q_{max}, q_{min}	Esfuerzos máximos producidos
P	Carga ultima axial
A	Área de la superficie de contacto
e_x	Excentricidad en x bajo cargas ultimas
e_y	Excentricidad en y bajo cargas ultimas
B	Dimensión de la cimentación en el sentido X
L	Dimensión de la cimentación en el sentido Y

Diseño en la dirección X

qmax	1.74	kg/cm ²
qmin	1.74	kg/cm ²
qmax-qmin	0.00	kg/cm ²
q'	1.74	kg/cm ²

Tabla 61: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor

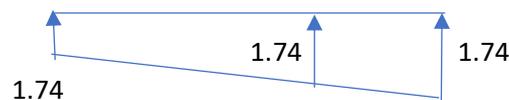


Fig. 47: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

Diseño en la dirección Y

qmax	1.75	kg/cm ²
qmin	1.74	kg/cm ²
qmax-qmin	0.01	kg/cm ²
q'	1.75	kg/cm ²

Tabla 62: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor



Fig. 48: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

Al obtener el cortante que actúa a la distancia d, se aplica la siguiente formula:

$$V_u = \frac{V_u d}{\phi \times b \times d}$$

Donde:

- V_u Esfuerzo cortante que actúa sobre la sección
- V_{ud} Esfuerzo cortante que actúa a una distancia d de la cara de la columna
- ϕ Factor de reducción de resistencia a cortante (0.75)
- b Dimensión de la cimentación en el sentido X o Y según corresponda
- d Peralte efectivo

Para calcular la resistencia al corte del hormigón aplicamos:

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'c}$$

Donde:

- V_c Aporte del hormigón
- $f'c$ Resistencia a la compresión del hormigón

Se debe cumplir:

$$V_u < V_c$$

Cortante en la dirección X

x		
vu	0	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 63: Comprobación de Vu con Vc en X
Fuente: Autor

Cortante en la dirección Y

y		
vu	1.38	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 64: Comprobación de Vu con Vc en Y
Fuente: Autor

Diseño a cortante por punzonamiento

Se ubica la sección crítica por punzonamiento que se encuentra a d/2 de la cara de la columna en los sentidos X y Y.

Se determina el esfuerzo centroidal usando:

$$\bar{q} = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

\bar{q}	Esfuerzo centroidal
P_u	Carga ultima axial
A	Área de la superficie de contacto

La fuerza que actúa sobre la sección crítica es:

$$V_u = \bar{q} \times [B \times L - (A_c)]$$

Donde:

V_{uc}	Cortante en la sección crítica
\bar{q}	Esfuerzo centroidal
B	Dimensión de la cimentación en el sentido X
L	Dimensión de la cimentación en el sentido Y
A_c	Área de la sección crítica

El esfuerzo cortante por punzonamiento viene dado por:

$$v_u = \frac{V_{uc}}{\phi \times [(L_{sx} \times d_{cx}) + (L_{sy} \times d_{cy})]}$$

Donde:

V_u	Esfuerzo cortante por punzonamiento
V_{uc}	Cortante en la sección crítica
Φ	Factor de reducción de resistencia a cortante (0.75)
L_{sx}	Longitud de la sección crítica en X
D_{cx}	Peralte efectivo en X
L_{sy}	Longitud de la sección crítica en Y
D_{sy}	Peralte efectivo en Y

La resistencia del hormigón a punzonamiento es el doble de la resistencia a corte tipo viga:

$$V_c = 2 \times 0.53 \sqrt{f'c}$$

Donde:

V_c	Aporte del hormigón
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón

Se verifica que se cumpla $V_u < V_c$.

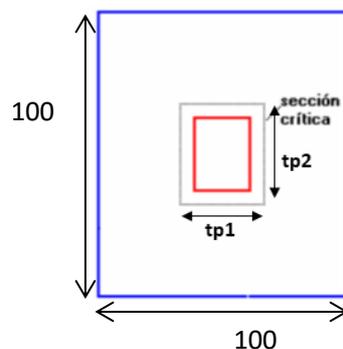


Fig. 49: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

$scx(dx/2)$	10	cm
$scy(dy/2)$	11	cm
tp1	80	cm
tp2	52	cm
\bar{q}	1.74	kg/cm ²
Vu	10161.6	kg
vu	2.47	kg/cm ²
Vc	16.42	kg/cm ²
$vu < Vc$	peralte plinto ok	

Tabla 65: Resistencia del hormigone a punzonamiento en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión

Para el diseño a flexión la sección crítica se encuentra en las caras de la columna.



Fig. 50: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

El mayor esfuerzo por flexión se encontrará en la franja donde el esfuerzo espacial (q_1, q_2, q_3, q_4) de la reacción del suelo sea máximo.

Diseño en la dirección X

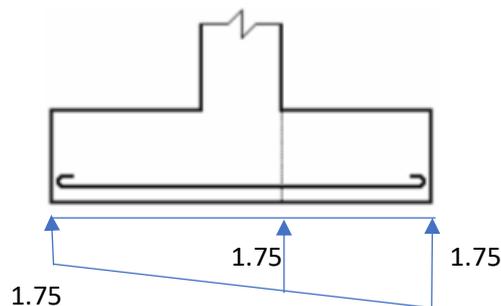


Fig. 51: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

ancho disen	100	cm
q_1	1.75	kg/cm ²
q_2	1.75	kg/cm ²
$q_1 - q_2$	0.00	kg/cm ²
q'	1.75	kg/cm ²

Tabla 66: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor

Diseño en la dirección Y

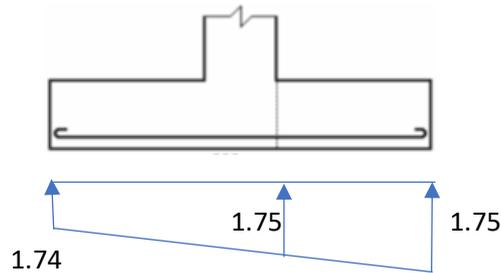


Fig. 52: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

ancho disen	100	cm
q1	1.75	kg/cm ²
q3	1.74	kg/cm ²
q1-q3	0.01	kg/cm ²
q'	1.75	kg/cm ²

Tabla 67: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor

Donde:

- ancho disen Ancho del plinto en X o Y según corresponda
- q₁, q₂, q₃, q₄ Esfuerzos últimos definidos por las reacciones del suelo
- q' Esfuerzo último definido por las reacciones del suelo en la sección crítica

El momento flector último se calcula con la siguiente formula:

$$M_u = \left[\left(\frac{q_c \times L^2}{2} \right) + \left(\frac{q_t \times L}{2} \right) \times \left(\frac{2}{3} \times L \right) \right] \times 100$$

Donde:

- M_u Momento flector último
- q_c Esfuerzo producido en la sección crítica
- L Distancia entre la cara de la columna y el extremo de la zapata
- q_t Carga triangular

Se encuentra la cantidad de acero requerido aplicando la formula:

$$A_s = \frac{0.85 \times f'_c \times b \times d}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_u}{0.85 \times \phi \times b \times d^2}} \right)$$

Donde:

- A_s Acero longitudinal requerido
- f'c Resistencia a la compresión del hormigón
- f_y Fluencia del acero
- b Ancho del plinto en X o Y según corresponda
- d Peralte efectivo en X o Y según corresponda
- M_u Momento flector último
- Φ Factor de reducción de resistencia a la flexión (0.9).

El acero mínimo y la cuantía es:

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \times b \times d$$

Donde:

ρ_{min}	Cuantía mínima requerida
f_y	Fluencia del acero
$A_{s_{min}}$	Acero longitudinal mínimo requerido
b	Ancho del plinto en X o Y según corresponda
d	Peralte efectivo en X o Y según corresponda

Se comprueba que se cumpla la condición $A_s < A_{s_{min}}$, con lo que se define el área de acero real así se escoge el número de varillas necesarias y la separación entre las mismas para las direcciones de X y Y.

Diseño a flexión en X

x		
Mu	35000	kg.cm
b	100	cm
As	0.5	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
As _{min}	6.66666667	cm ²
Adiseño	6.66666667	cm ²
#varillas	5	
Avarilla	1.33	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	7.7	cm ²
espaciamiento	19	cm

Tabla 68: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión en Y

y		
Mu	107187.5	kg.cm
b	100	cm
As	1.3	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
As _{min}	7.33	cm ²
Adiseño	7	cm ²
#varillas	5	
Avarilla	1.47	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	7.7	cm ²
espaciamiento	19	cm

Tabla 69: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas
Fuente: Autor

El cálculo concluye que se necesitan 5 ϕ 14mm @ 19cm, que serán distribuidas en la longitud de X igual a 100cm, y para la dirección de Y se necesitarán 5 ϕ 14mm @ 19cm en una longitud de 100cm.

3.1.6 VIGAS DE CIMENTACIÓN

El diseño de la viga de cimentación se basa en los mismos criterios de diseño de vigas de arrioste. Para este tipo de viga se toma como requerido el peor escenario y se diseña para ese caso.

Diseño a Flexión

Obtenemos los momentos últimos en el programa SAP-2000 y de estos se calcula el acero longitudinal requerido, suponiendo unas dimensiones para las vigas que soporten estos momentos.

Se parte de un recubrimiento igual a 4cm, y para el cálculo correspondiente se aplica:

TIPO	DESCRIPCIÓN		b	h	Recubrimiento	d	Mu	$k = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y}$	$A_s = A \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d^2 \cdot f_y}} \right)$
			cm	cm	cm	cm	kg-cm		cm ²
25x30	Viga Cimentación	Col80x40	25	30	4	26	266423.26	31.5714	2.84

Tabla 70: Descripción de vigas de arrioste y su acero longitudinal requerido
Fuente: Autor

Después de calcular el acero requerido se comprueba que este trabajando a fluencia.

Fluencia del acero				
a	c	ϵ_s	ϵ_f	$\epsilon_s \geq \epsilon_f$
cm	cm			
2.339	2.752	0.0253	0.0021	CUMPLE

Tabla 71: Fluencia del acero en vigas de arrioste
Fuente: Autor

Se tiene el acero longitudinal calculado y con este se procede a comparar con el acero mínimo y máximo requerido.

Cálculo del Acero														
$A_{s_{req}} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot d}$	$A_{s_{máx}} = \frac{\sqrt{f_c}}{\sqrt{f_y}} \cdot b \cdot d$	Asmín	Asmáx	As>Asmín	Astemp	Asescogido	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	Asreal	Distribución
cm ²	cm ²	cm ²	cm ²		cm ²	cm ²	mm	cm ²		mm	cm ²		cm ²	
2.167	0.599	2.167	7.893	CUMPLE	1.170	2.84	12	1.131	2	14	1.539	1	3.801	2 ϕ 12+1 ϕ 14

Tabla 72: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arrioste
Fuente: Autor

La distribución mostrada hace referencia al diámetro de las varillas y la cantidad de las mismas que serán colocadas en la sección de la viga.

Se comprueba que cumplan las cuantías mínimas y máximas:

Se debe verificar que $\rho \leq \rho_{max}$ para comprobar que el diseño resulte en una falla dúctil.

Verificación de Cuantías							
$\rho = A_s / b * d$	$\rho_{mín}$	$\rho > \rho_{mín}$	ρ_b	$\rho_{máx}$	ρ_{temp}	$\rho \leq \rho_{max}$	Tipo de falla
0.006	0.00180	CUMPLE	0.0243	0.0121	0.0018	CUMPLE	FALLA DUCTIL

Tabla 73: Verificación de cuantías en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para la separación mínima de las varillas longitudinales se toma el mínimo de los siguientes valores:

Separación					
S _{mín}	S _{mín}	S _{mín}	2.5, $\phi l_m, D$	S calculado	S calculado > = S
cm	cm	cm	cm	cm	
2.5	1.4	2.5	2.5	5.60	CUMPLE

Tabla 74: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Diseño a Corte

Igual que en el cálculo a flexión obtenemos las fuerzas cortantes en el programa SAP-2000 y de estas se calcula el acero de refuerzo requerido.

Se parte de los siguientes datos:

DATOS						
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu
		cm	cm	cm	cm	kgf
25x30	Col80x40	25	30	4	26	17438.90

Tabla 75: Descripción de vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se calcula el aporte del hormigón y el acero a la sección

Aporte concreto y acero				
V _{cmáx}	V _{smáx}	V _c	ϕV_c	$\phi V_c / 2$
kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
13392.7764	22153.46474	5336.971	4002.728	2001.364

Tabla 76: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para el área transversal mínima de los refuerzos por unidad de longitud se toma el mayor de los siguientes valores:

Área transversal mínima		
Av, mín/s	Av, mín/s	Av, mín/s
cm ² /m	cm ² /m	cm ² /m
0.240	0.271	0.271

Tabla 77: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se considera $V_u > V_c$, en el caso de que no se cumpla, la separación de los estribos va por especificación.

Resistencia a cortante de la sección					
V_u	V_c	V_s	$2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_s < 2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_u > V_c$
kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²		
35.77	8.21	27.56	32.84	CUMPLE	CALCULAR

Tabla 78: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Según el ACI 318RS-19, se calcula la separación de los refuerzos en relación con los siguientes parámetros:

Esta separación se cumplirá hasta 2h desde el apoyo de la viga.

Separación hasta 2h del apoyo							
S calculado	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{calculado} \leq S_{máx}$	S escogido	2h
cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm
9	20	7	24	6	NO CUMPLE	6	60

Tabla 79: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre
Fuente: Autor

La distancia desde la superficie de apoyo hasta el primer estribo debe ser de 5 cm, sin embargo si la mitad del espacio seleccionado es inferior a 5 cm, se seleccionará ese valor.

Separación primer estribo		
S escogido	S	S escogido
cm	cm	cm
6	5	3

Tabla 80: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

En la parte central, la distancia entre los estribos será igual al peralte efectivo dividido para dos.

Separación parte central		
d/2	Luz	Distancia
cm	cm	cm
13	400	280

Tabla 81: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se comprueba que el armado real cumpla con el armado mínimo:

ESTR	$A_v.min/#EST$	$A_v.real$ ESTR	
#	#	cm ²	
2	0.13541667	0.79	CUMPLE

Tabla 82: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO II

DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA

A continuación, se mostrará la verificación de cada uno de los miembros estructurales utilizados para la superestructura bajo la norma AISC 360-16.

3.2.1 COLUMNA

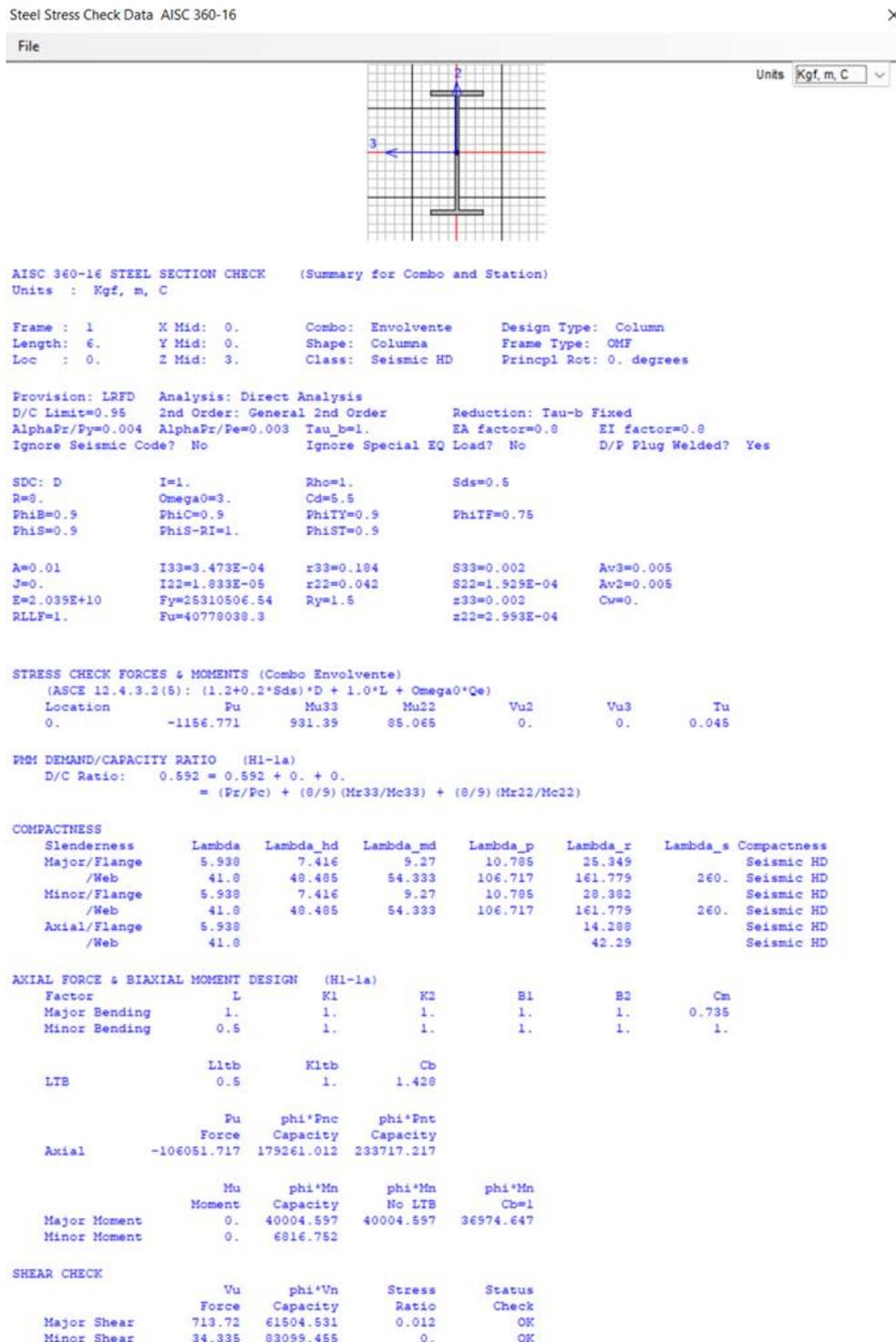


Fig. 53: Comprobación Columna
Fuente: SAP-2000

3.2.2 VIGA CENTRAL

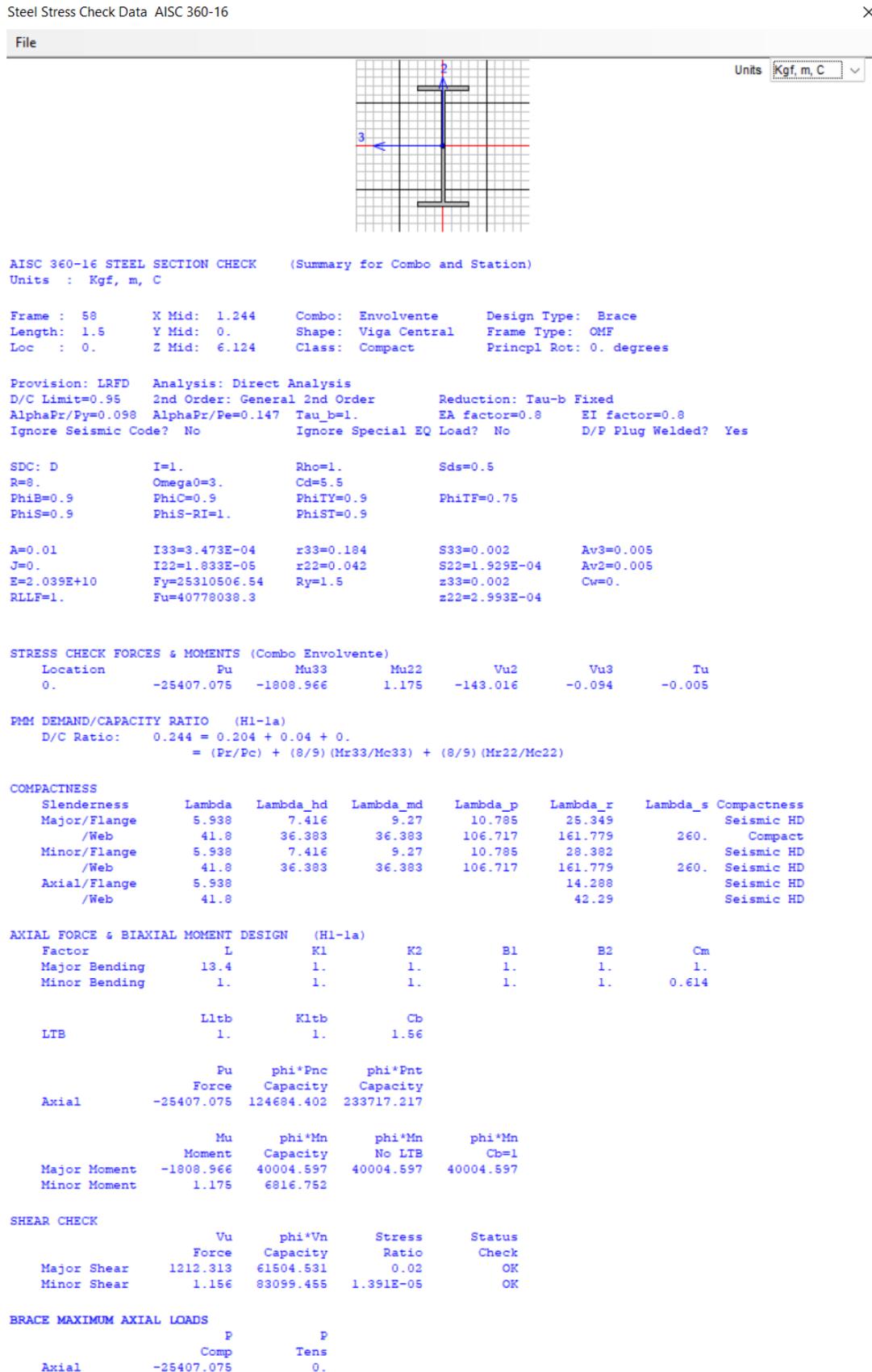


Fig. 54: Comprobación Viga Central
Fuente: SAP-2000

3.2.3 VIGA LATERAL

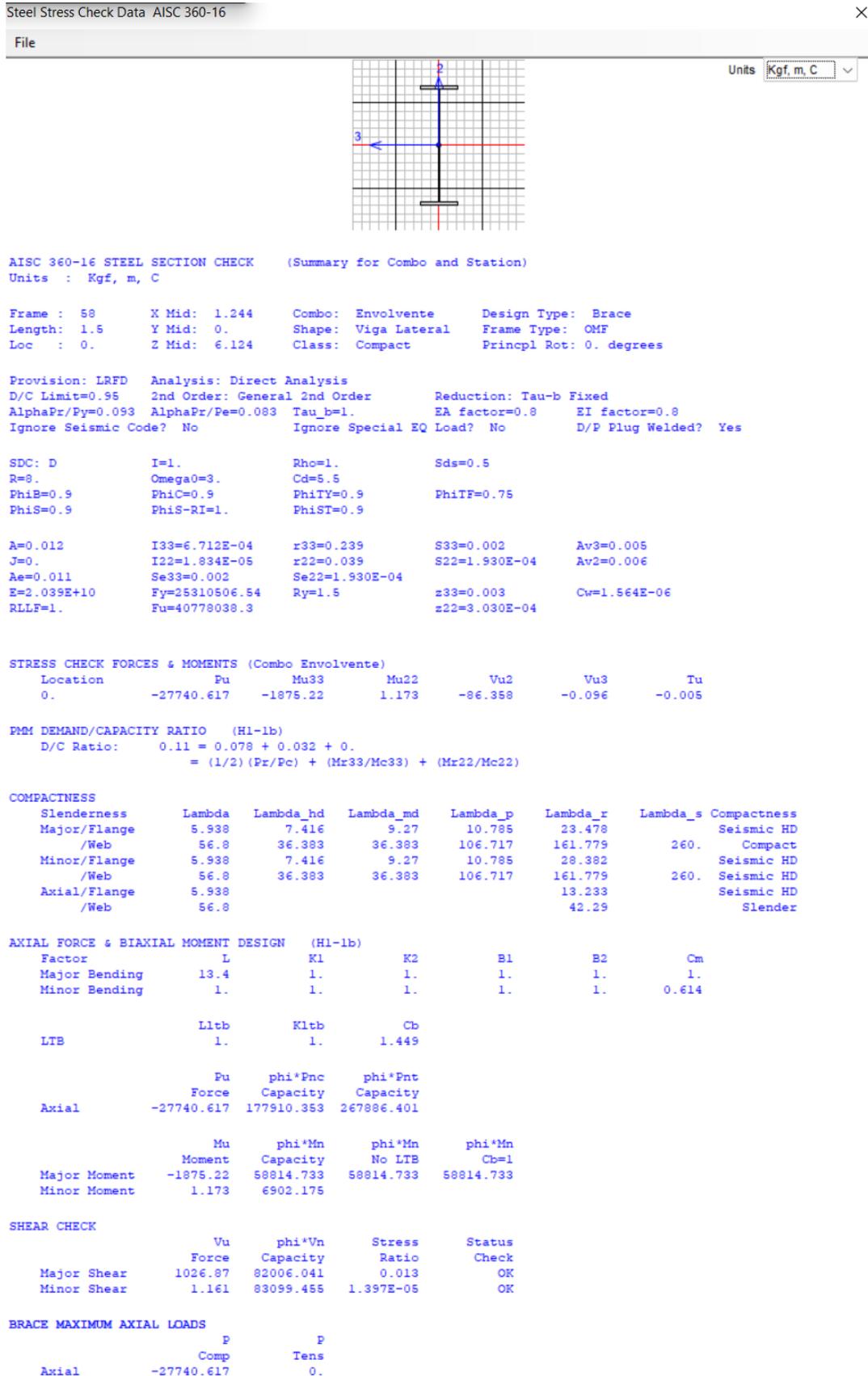


Fig. 55: Comprobación Viga Lateral
Fuente: SAP-2000

3.2.4 VIGA DE ARRIOSTRE

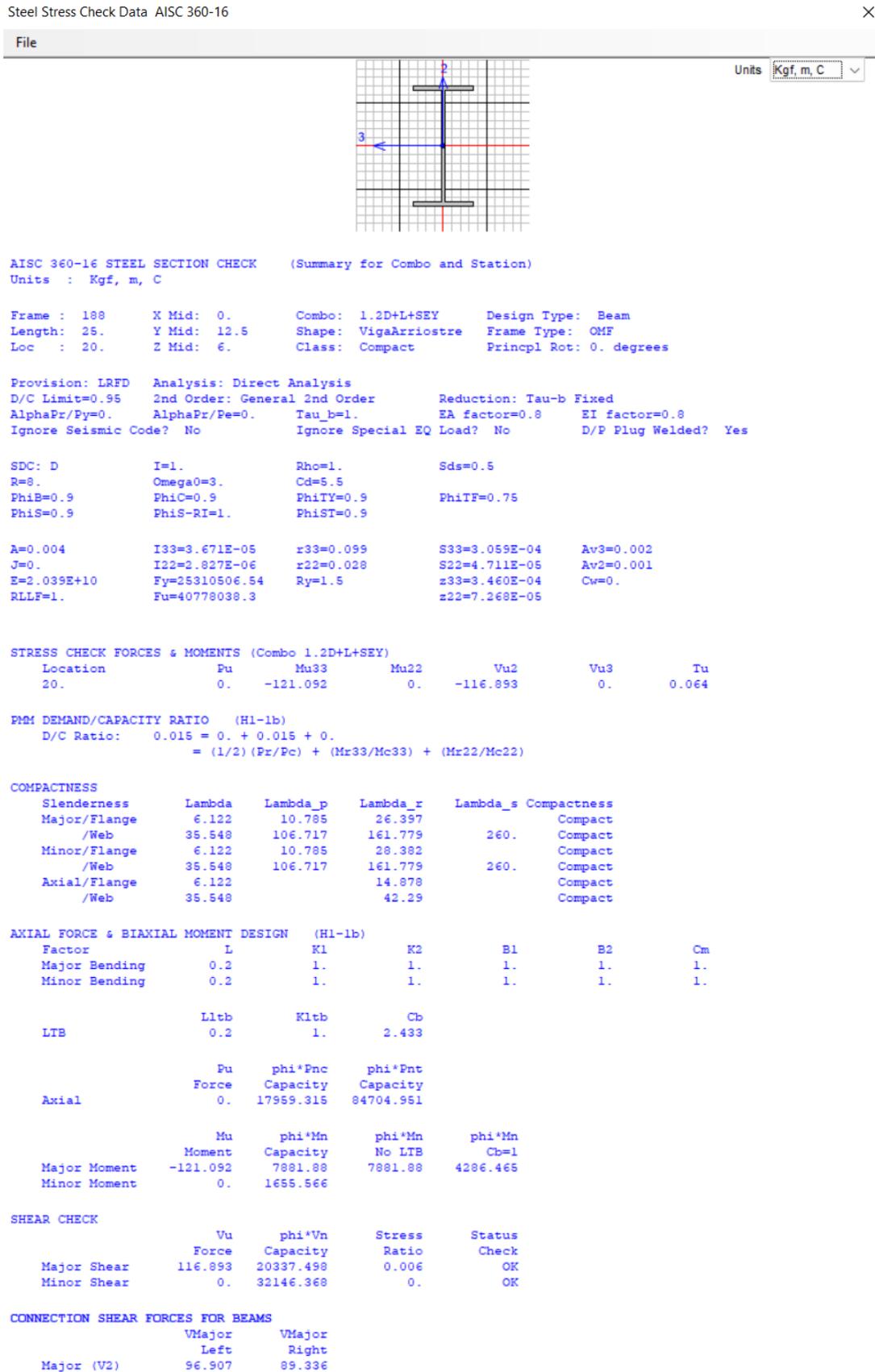


Fig. 56: Comprobación Viga de Arriostre
Fuente: SAP-2000

3.2.5 CORREA

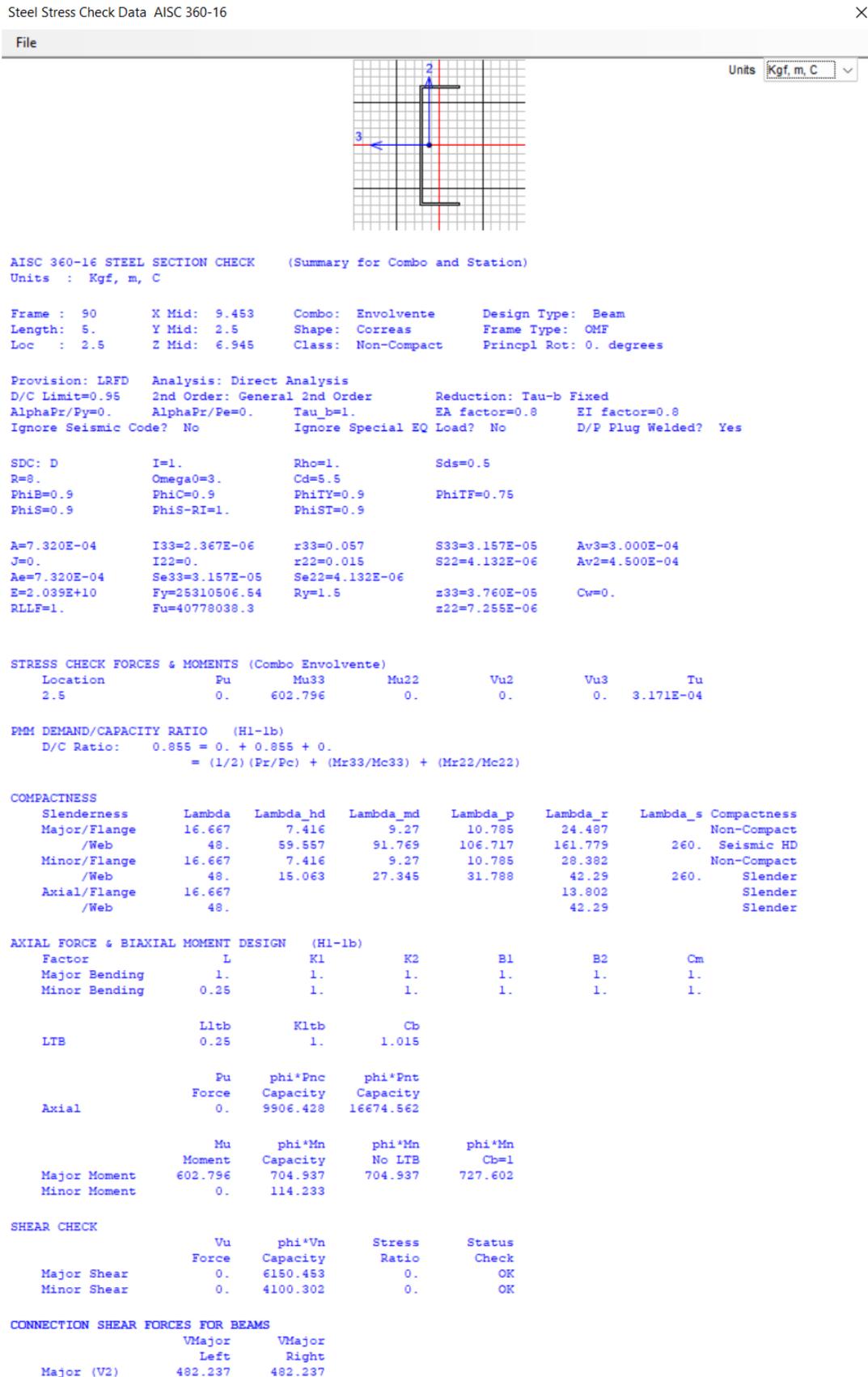


Fig. 57: Comprobación Correa
Fuente: SAP-2000

3.2.6 PLACA BASE

Al ir anclada a la columneta, la placa base tendrá las mismas dimensiones de esta.

Dimensiones Placa			
Base	55	cm	Lado más largo (N)
Ancho	25	cm	Lado más corto (B)

Tabla 83: Dimensiones de placa base
Fuente: Autor

Además, es necesario las dimensiones de la columna:

Dimensiones Columna		
Ancho perfil (b)	45	cm
Peralte perfil(d)	19	cm

Tabla 84: Dimensiones de columna
Fuente: Autor

Por otro lado, definiremos:

Pu	8.357	T	83.57	KN
Fy	25	KN/cm2		

Tabla 85: Carga última y límite de fluencia de acero A36
Fuente: Autor

Donde:

Pu Carga última

Fy Límite de fluencia de acero A36

Cálculo de voladizos

$$m = \frac{N - 0.95 * d}{2}$$

m	6.125	cm
---	-------	----

Tabla 86: Dimensiones de voladizo en sentido m
Fuente: Autor

$$n = \frac{B - 0.80 * b}{2}$$

n	4.9	cm
---	-----	----

Tabla 87: Dimensiones de voladizo en sentido n
Fuente: Autor

Cálculo del espesor

$$tpm = m * \sqrt{\frac{2 * Pu}{0.9 * Fy * B * N}}$$

tpm	0.45019813	cm
-----	------------	----

Tabla 88: Espesor de voladizo en sentido m
Fuente: Autor

$$tpn = n * \sqrt{\frac{2 * Pu}{0.9 * Fy * B * N}}$$

tpn	0.3601585	cm
-----	-----------	----

Tabla 89: Espesor de voladizo en sentido n
Fuente: Autor

Se utilizará el espesor comercial más cercano, es decir 12mm.

DISEÑO DE CIMENTACIÓN

3.2.7 COLUMNETAS

El cálculo se lo realizará siguiendo las reglas y fórmulas del ACI 318S. Se utilizará una sección rectangular con un área lo suficientemente grande para que las columnas de la nave quepan sin ningún problema.

Primero se definen los siguientes parámetros:

Carga última actuante obtenida de SAP-2000: $P_u = 17438.90 \text{ Kg}$

Resistencia del hormigón (f'_c): 240 Kg/cm^2

Límite de fluencia del acero (F_y): 4200 Kg/cm^2

Coefficiente de reducción para columnas estribadas (ϕ): 0.7

Utilizando las fórmulas propuestas en el ACI para elementos de hormigón armado sujetos a compresión:

$$P_u = 0.80 * \phi * (0.85 * f'_c * A_c + A_s * F_y)$$

$$A_c = A_g - A_s$$

Donde:

A_c Área del hormigón

A_g Área geométrica= $55\text{cm} \times 25\text{cm} = 1000\text{cm}^2$

A_s Área del acero

Reemplazamos la segunda expresión en la primera:

$$P_u = 0.80 * \phi * [0.85 * f'_c * (A_g - A_s) + A_s * F_y]$$

Despejamos el área del acero A_s :

$$A_s = \frac{\frac{P_u}{0.80 * \phi} - 0.85 * f'_c * A_g}{F_y - 0.85 * f'_c}$$

Entonces:

A_s	-62.4021772	cm ²
-------	-------------	-----------------

Tabla 90: Área de acero requerida para columneta
Fuente: Autor

Al obtener un área negativa quiere decir que el hormigón es lo suficientemente capaz de soportar la carga última a la que estará sometida la sección, sin embargo, es necesario utilizar la cuantía mínima de acero establecida por la normativa.

$$\rho = \frac{As}{Ag} = 0.01$$

Despejamos A_s y obtenemos:

Asmin	13.75	cm ²
-------	-------	-----------------

Tabla 91: Área de acero calculada para columneta
Fuente: Autor

Por lo tanto, la distribución de aceros se la realizara de la siguiente manera:

#varilas	4	
Avarilla	3.44	cm ²
Avasu	2.54	cm ²
Øvarilla	18	mm
As real	10.16	cm ²

Tabla 92: Distribución de varillas longitudinales esquineras
Fuente: Autor

#varilas	2	
Avarilla	0.00	cm ²
Avasu	2.01	cm ²
Øvarilla	16	mm
As real	4.02	cm ²

Tabla 93: Distribución de varillas longitudinales centrales
Fuente: Autor

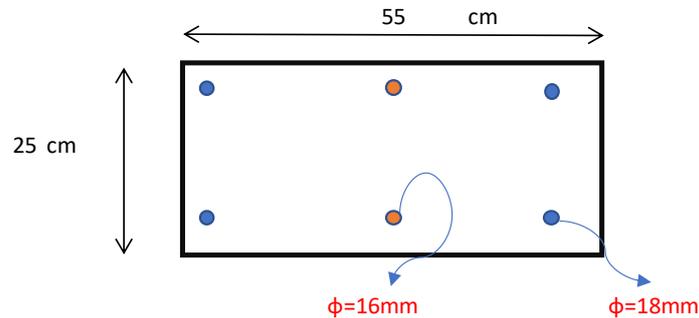


Fig. 58: Diagrama de columneta y su distribución de aceros
Fuente: Autor

3.2.8 ZAPATAS

El tipo de cimentación escogida para el proyecto es zapata aislada. El diseño que se va a presentar a continuación sigue los mismos pasos del diseño de zapatas de la NAVE INDUSTRIAL TIPO I, las zapatas faltantes tendrán un procedimiento similar en su diseño.

Datos impuestos:

DATOS		
f'c	240	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
Df	150	cm
qadm	2	kg/cm ²
ac	30	cm
bc	60	cm

Tabla 94: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas
Fuente: Autor

Determinación de dimensionamiento de contacto zapata-suelo

A	1768.0285	cm ²
---	-----------	-----------------

Tabla 95: Área asumida para zapatas
Fuente: Autor

calculado			asumido
b	42.05	cm	140
L	42.05	cm	100
			A'
			14000

Tabla 96: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas
Fuente: Autor

El cálculo nos arroja que se requiere un elemento con dimensiones menores al mínimo que es 100cm, por lo que se asume B=140cm y L con la longitud mínima.

Cálculo de excentricidades de carga (servicio)

ex	0.40985	cm
ey	0.00178	cm
emaxx	23	cm
B/6	Cumple	
emaxy	7	cm
L/6	Cumple	

Tabla 97: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas
Fuente: Autor

Cálculo del qmax (qadm>qmax)

Se supone que el suelo tiene un comportamiento elástico y que la carga aplicada se encuentra en el tercio medio de la cimentación.

qmax	0.26	kg/cm ²
qmax<qadm	cumple	

Tabla 98: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible
Fuente: Autor

A continuación, se presenta el esquema para la zapata, cumpliendo con los parámetros.

qmax/qadm	0.13		
A	14000		
Aincre	1820		
calculado			asumido
b	42.66	cm	140
L	42.66	cm	100
		A'(cm ²)	14000.00
qmax	0.26	kg/cm ²	
condicion	Cumple		

Tabla 99: Comprobación de medidas impuestas
Fuente: Autor

b	140	cm
L	100	cm
ac	30	cm
bc	60	cm

Tabla 100: Dimensiones en planta propuestas para el plinto
Fuente: Autor

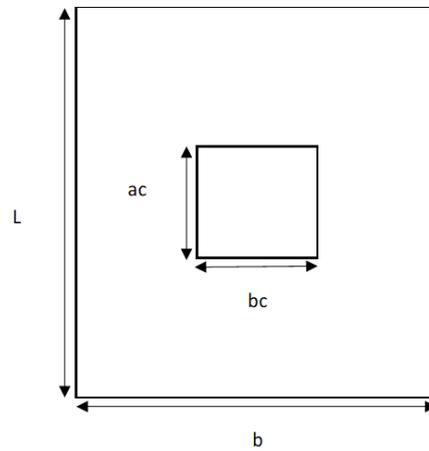


Fig. 59: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Autor

Cálculo de diagrama de reacciones en el SUELO (cargas últimas)

El proceso para el cálculo de la excentricidad es el mismo y posteriormente se obtienen los esfuerzos últimos definidos por las reacciones del suelo.

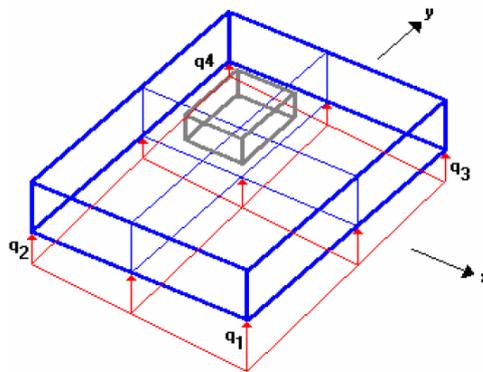


Fig. 60: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

ex	0.43	cm
ey	0.0	cm
q1	0.36	kg/cm ²
q2	0.34	kg/cm ²
q3	0.36	kg/cm ²
q4	0.34	kg/cm ²

Tabla 101: Valores de q en cada esquina del plinto
Fuente: Autor

Diseño a cortante tipo viga

Consideraciones del plinto:

Consideraciones del plinto		
h	30	cm
Δx	10	cm
Δy	8	cm
recubmin	7.5	cm
ϕ varilla	14	mm

Tabla 102: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas
Fuente: Autor

Para el cortante tipo viga su sección crítica es igual a la distancia d (peralte efectivo). Entonces para la dirección X sería el espesor del plinto menos los 10cm mostrados en la tabla anterior y de la misma forma asumimos para la dirección Y donde restaríamos 8cm.

Diseño en la dirección X

qmax	0.36	kg/cm ²
qmin	0.34	kg/cm ²
qmax-qmin	0.02	kg/cm ²
q'	0.36	kg/cm ²

Tabla 103: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor



Fig. 61: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

Diseño en la dirección Y

qmax	0.35	kg/cm ²
qmin	0.35	kg/cm ²
qmax-qmin	0.00	kg/cm ²
q'	0.35	kg/cm ²

Tabla 104: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor



Fig. 62: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

Se debe cumplir:

$$V_u < V_c$$

Cortante en la dirección X

x		
vu	0.48	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 105: Comprobación de vu con Vc en X
Fuente: Autor

Cortante en la dirección Y

y		
vu	0.28	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 106: Comprobación de vu con Vc en Y
Fuente: Autor

Diseño a cortante por punzonamiento

Se ubica la sección crítica por punzonamiento que se encuentra a d/2 de la cara de la columna en los sentidos X y Y.

Se verifica que se cumpla $v_u < V_c$.

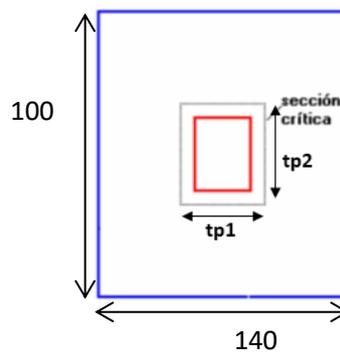


Fig. 63: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

scx(dx/2)	10	cm
scy(dy/2)	11	cm
tp1	80	cm
tp2	52	cm
\bar{q}	0.35	kg/cm ²
Vu	3444	kg
vu	0.84	kg/cm ²
Vc	16.42	kg/cm ²
vu < Vc	peralte plinto ok	

Tabla 107: Resistencia del hormigone a punzonamiento en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión

Para el diseño a flexión la sección crítica se encuentra en las caras de la columna.



Fig. 64: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

El mayor esfuerzo por flexión se encontrará en la franja donde el esfuerzo espacial (q_1 , q_2 , q_3 , q_4) de la reacción del suelo sea máximo.

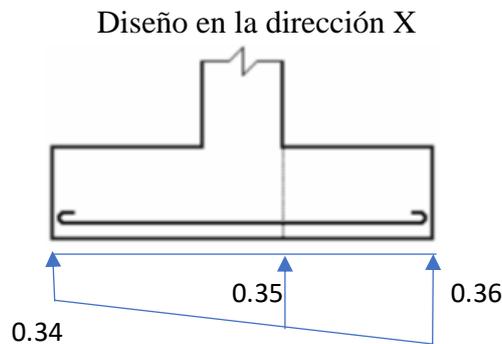


Fig. 65: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

ancho disen	100	cm
q_1	0.36	kg/cm ²
q_2	0.34	kg/cm ²
$q_1 - q_2$	0.02	kg/cm ²
q'	0.35	kg/cm ²

Tabla 108: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor

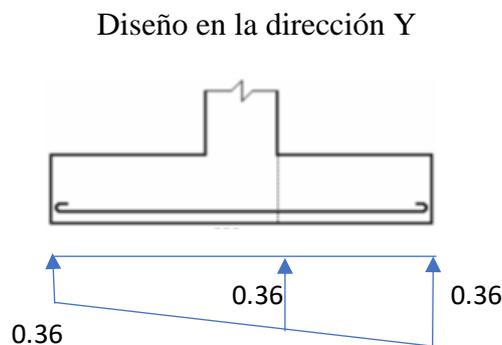


Fig. 66: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

ancho disen	140	cm
q1	0.36	kg/cm ²
q3	0.36	kg/cm ²
q1-q3	0.00	kg/cm ²
q'	0.36	kg/cm ²

Tabla 109: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor

Se comprueba que se cumpla la condición $A_s < A_{s_{min}}$, con lo que se define el área de acero real así se escoge el número de varillas necesarias y la separación entre las mismas para las direcciones de X y Y.

Diseño a flexión en X

x		
Mu	28533.3333	kg.cm
b	100	cm
As	0.4	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
Asmin	6.66666667	cm ²
Adiseño	6.66666667	cm ²
#varillas	6	
Avarilla	1.11	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	9.24	cm ²
espaciamento	16	cm

Tabla 110: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión en Y

y		
Mu	30870	kg.cm
b	140	cm
As	0.4	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
Asmin	10.27	cm ²
Adiseño	10	cm ²
#varillas	8	
Avarilla	1.28	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	12.32	cm ²
espaciamento	17	cm

Tabla 111: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas
Fuente: Autor

El cálculo concluye que se necesitan 6 ϕ 14mm @ 16cm que serán distribuidas en la longitud de X igual a 100cm, y para la dirección de Y se necesitarán 8 ϕ 14mm @ 17cm en una longitud de 140cm.

3.2.9 VIGAS DE CIMENTACIÓN

El diseño de la viga de cimentación se basa en los mismos criterios de diseño de vigas de arriostre. Para este tipo de viga se toma como requerido el peor escenario y se diseña para ese caso.

Diseño a Flexión

Obtenemos los momentos últimos en el programa SAP-2000 y de estos se calcula el acero longitudinal requerido, suponiendo unas dimensiones para las vigas que soporten estos momentos.

Se parte de un recubrimiento igual a 4cm, y para el cálculo correspondiente se aplica:

TIPO	DESCRIPCIÓN		b	h	Recubrimiento	d	Mu	$k = \frac{0.85 * f_c * b * d}{f_y}$	$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$
			cm	cm		cm	cm		kg-cm
25x25	Viga Cimentación	Col60x25	25	30	4	26	330119	31.5714	3.56

Tabla 112: Descripción de vigas de arriostre y su acero longitudinal requerido
Fuente: Autor

Después de calcular el acero requerido se comprueba que este trabajando a fluencia.

Fluencia del acero				
a	c	ϵ_s	ϵ_f	$\epsilon_s \geq \epsilon_f$
cm	cm			
2.932	3.449	0.0196	0.0021	CUMPLE

Tabla 113: Fluencia del acero en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se tiene el acero longitudinal calculado y con este se procede a comparar con el acero mínimo y máximo requerido.

Cálculo del Acero														
$As_{mín} = \frac{1.4}{f_y} * b * d$	$As_{máx} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 * f_y} * b * d$	Asmín	Asmáx	As>Asmín	Astemp	Asescogido	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	Asreal	Distribución
cm2	cm2	cm2	cm2		cm2	cm2	mm	cm2		mm	cm2		cm2	
2.167	0.599	2.167	7.893	CUMPLE	1.170	3.56	12	1.131	2	14	1.539	1	3.801	2 ϕ 12+1 ϕ 14

Tabla 114: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arriostre
Fuente: Autor

La distribución mostrada hace referencia al diámetro de las varillas y la cantidad de las mismas que serán colocadas en la sección de la viga.

Se comprueba que cumplan las cuantías mínimas y máximas:

Se debe verificar que $\rho \leq \rho_{max}$ para comprobar que el diseño resulte en una falla dúctil.

Verificación de Cuantías							
$\rho = A_s / b * d$	$\rho_{\text{mín}}$	$\rho > \rho_{\text{mín}}$	ρ_b	$\rho_{\text{máx}}$	ρ_{temp}	$\rho \leq \rho_{\text{max}}$	Tipo de falla
0.006	0.00180	CUMPLE	0.0243	0.0121	0.0018	CUMPLE	FALLA DUCTIL

Tabla 115: Verificación de cuantías en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para la separación mínima de las varillas longitudinales se toma el mínimo de los siguientes valores:

Separación					
$S_{\text{mín}}$	$S_{\text{mín}}$	$S_{\text{mín}}$	$2.5, \phi l_m, D$	S calculado	$S_{\text{calculado}} > = S$
cm	cm	cm	cm	cm	
2.5	1.4	2.5	2.5	5.60	CUMPLE

Tabla 116: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Diseño a Corte

Igual que en el cálculo a flexión obtenemos las fuerzas cortantes en el programa SAP-2000 y de estas se calcula el acero de refuerzo requerido.

Se parte de los siguientes datos:

Datos						
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu
		cm	cm	cm	cm	kgf
25x25	Col60x25	25	30	4	26	8315.55

Tabla 117: Descripción de vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se calcula el aporte del hormigón y el acero a la sección

Aporte concreto y acero				
$V_{c\text{máx}}$	$V_{s\text{máx}}$	V_c	ϕV_c	$\phi V_c / 2$
kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
13392.7764	22153.46474	5336.971	4002.728	2001.364

Tabla 118: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para el área transversal mínima de los refuerzos por unidad de longitud, se toma el mayor de los siguientes valores:

Área transversal mínima		
$A_v, \text{mín}/s$	$A_v, \text{mín}/s$	$A_v, \text{mín}/s$
cm ² /m	cm ² /m	cm ² /m
0.240	0.271	0.271

Tabla 119: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se considera $V_u > V_c$ en el caso de que no se cumpla, la separación de los estribos va por especificación.

Resistencia a cortante de la sección					
V_u	V_c	V_s	$2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_s < 2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_u > V_c$
kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²		
17.06	8.21	8.85	32.84	CUMPLE	CALCULAR

Tabla 120: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Según el ACI 318RS-19, se calcula la separación de los refuerzos en relación con los siguientes parámetros:

Esta separación se cumplirá hasta 2h desde el apoyo de la viga.

Separación hasta 2h del apoyo							
S calculado	S máx	S máx	S máx	S máx	Scalculado ≤ S máx	S escogido	2h
cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm
30	20	7	24	6	NO CUMPLE	6	60

Tabla 121: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre
Fuente: Autor

La distancia desde la superficie de apoyo hasta el primer estribo debe ser de 5 cm, sin embargo si la mitad del espacio seleccionado es inferior a 5 cm, se seleccionará ese valor.

Separación primer estribo		
S escogido	S	S escogido
cm	cm	cm
6	5	3

Tabla 122: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

En la parte central, la distancia entre los estribos será igual al peralte efectivo dividido para dos.

Separación parte central		
d/2	Luz	Distancia
cm	cm	cm
13	400	280

Tabla 123: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se comprueba que el armado real cumpla con el armado mínimo:

ESTR	Av.min/#EST	Av.real ESTR	
#	#	cm ²	
2	0.13541667	0.79	CUMPLE

Tabla 124: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL TIPO III

DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA

A continuación, se mostrará la verificación de cada uno de los miembros estructurales utilizados para la superestructura bajo la norma AISC 360-16.

3.3.1 COLUMNAS

- CORDÓN EXTERIOR E INTERIOR

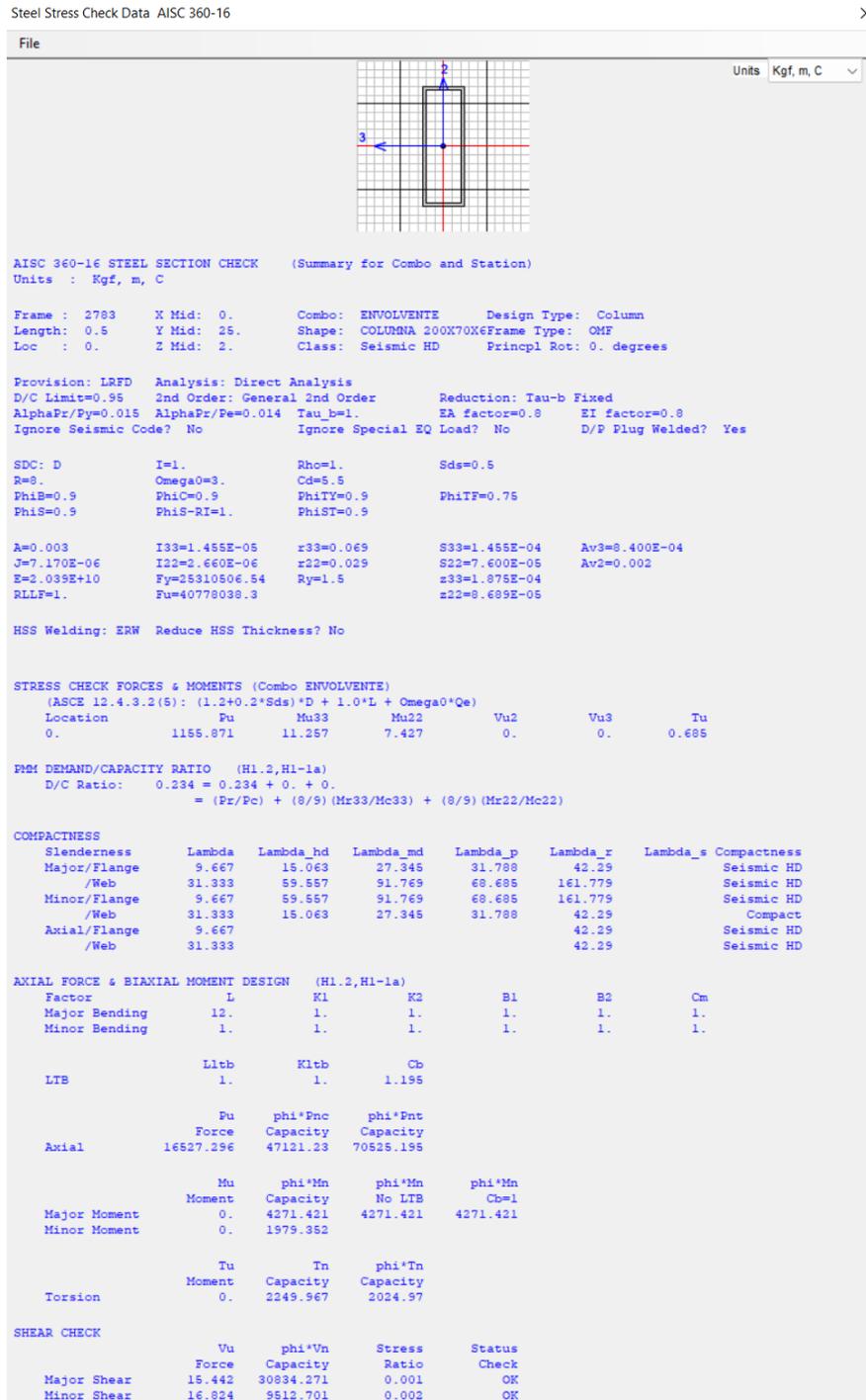


Fig. 67: Comprobación Cordon exterior e interior de Columnas
Fuente: SAP-2000

- HORIZONTALES Y DIAGONALES

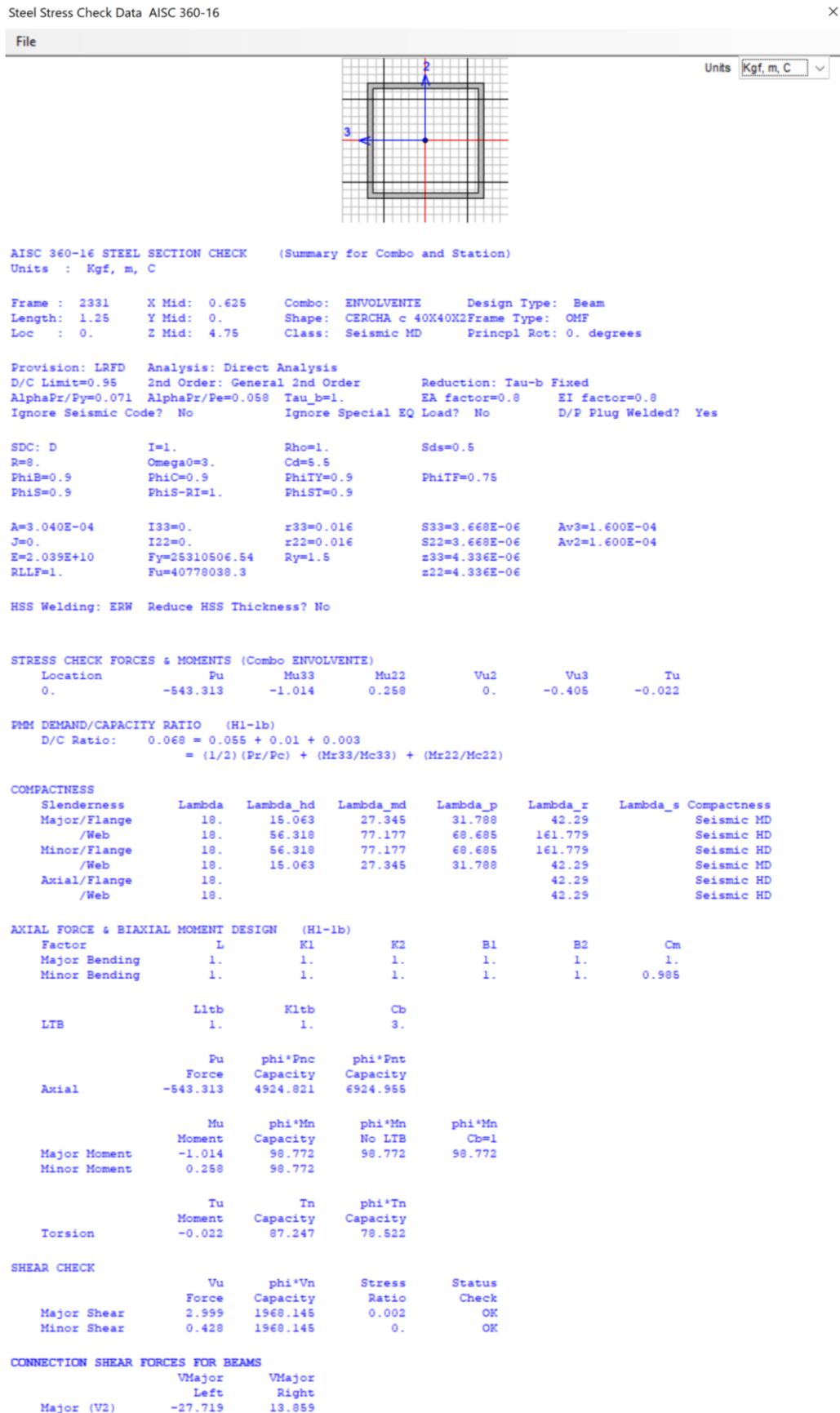


Fig. 68: Comprobación horizontales y diagonales de Columnas
Fuente: SAP-2000

3.3.2 VIGAS

- CORDÓN SUPERIOR E INFERIOR

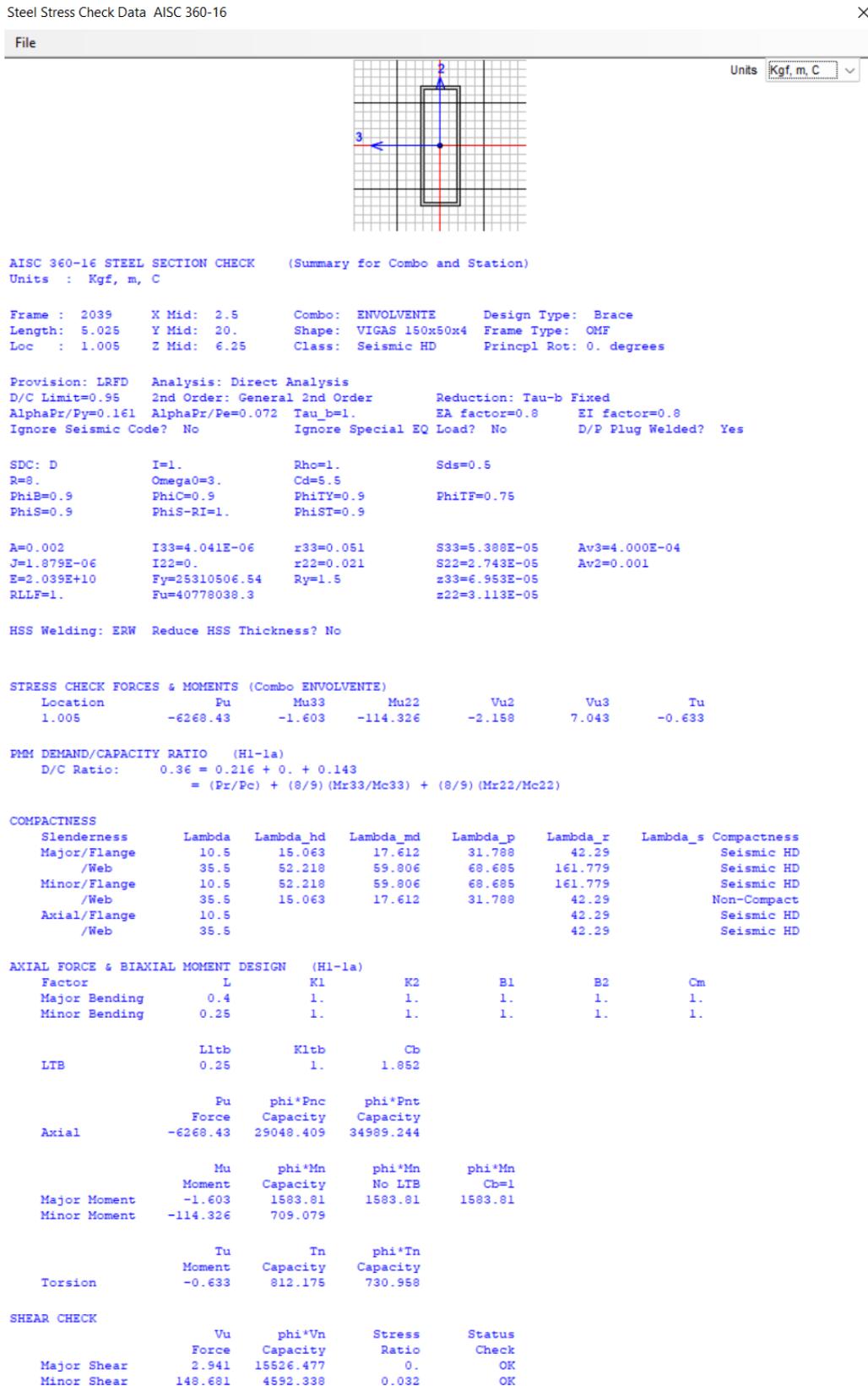


Fig. 69: Comprobación Cordón superior e inferior de Vigas
Fuente: SAP-2000

- VERTICALES Y DIAGONALES

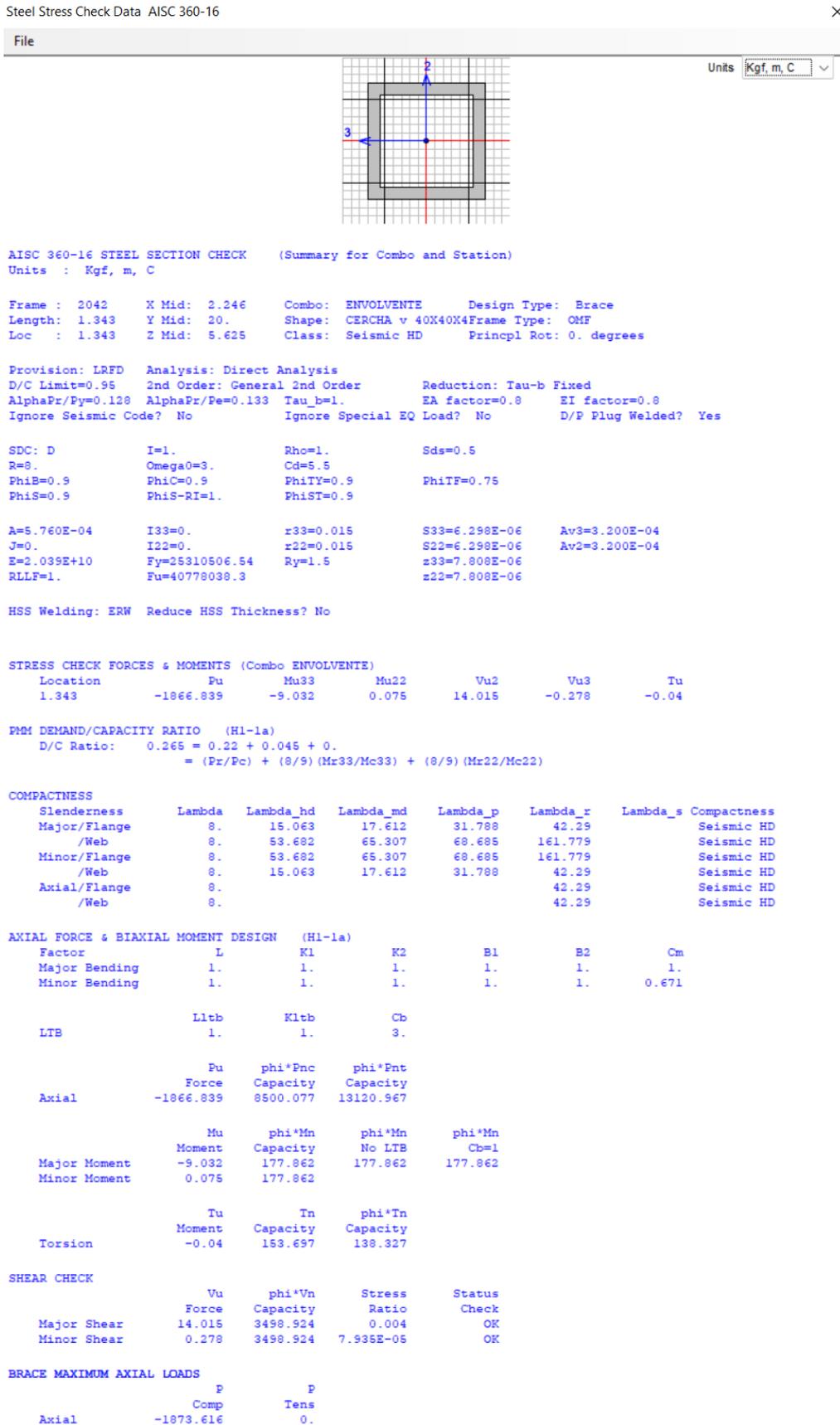


Fig. 70: Comprobación verticales y diagonales de Vigas
Fuente: SAP-2000

3.3.3 VIGAS DE ARRIOSTRE

- CORDÓN SUPERIOR E INFERIOR

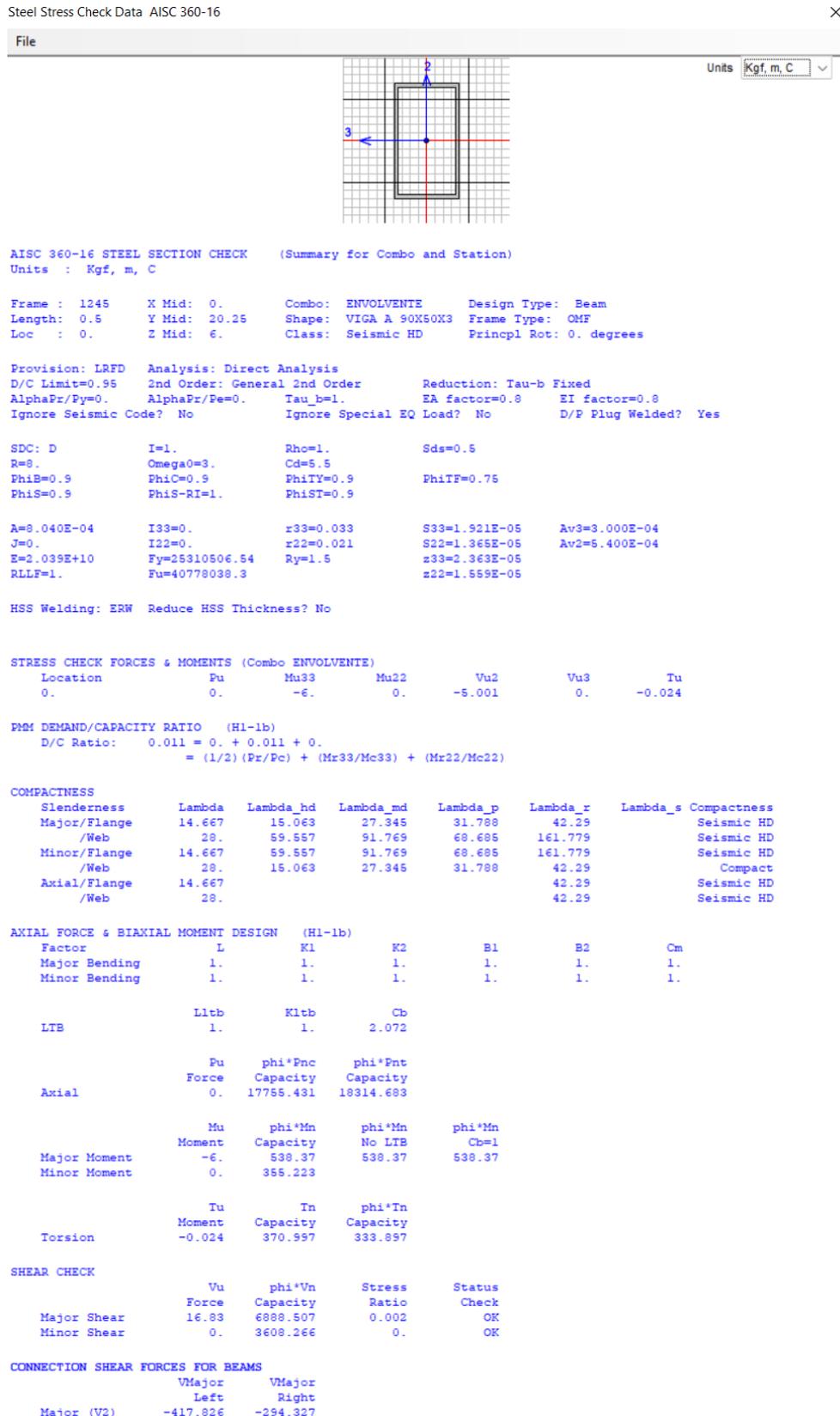


Fig. 71: Comprobación Cordón superior e inferior de Vigas de Arriostre
Fuente: SAP-2000

- VERTICALES Y DIAGONALES

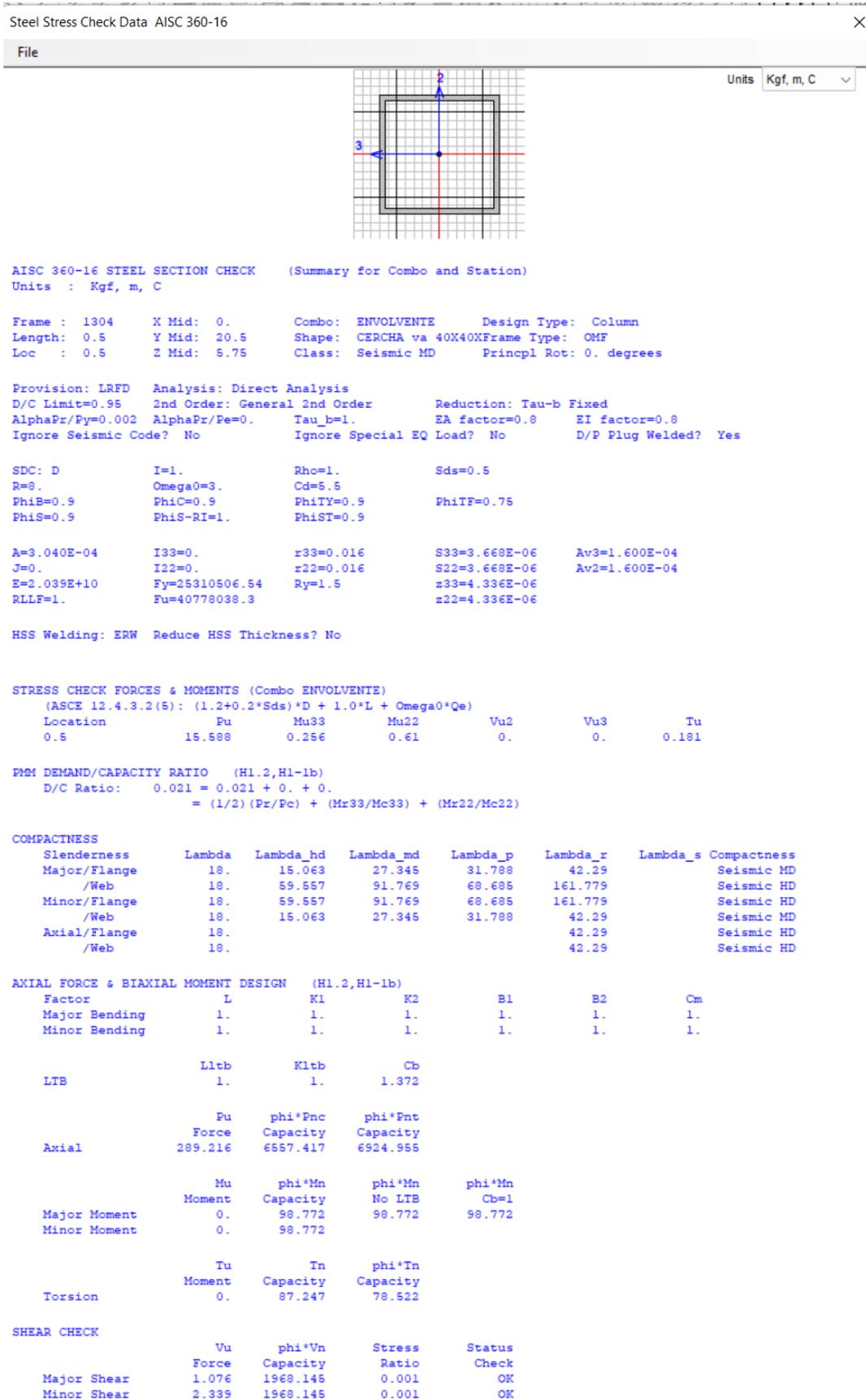


Fig. 72: Comprobación verticales y diagonales de Vigas de Arriostre
Fuente: SAP-2000

3.3.4 CORREA

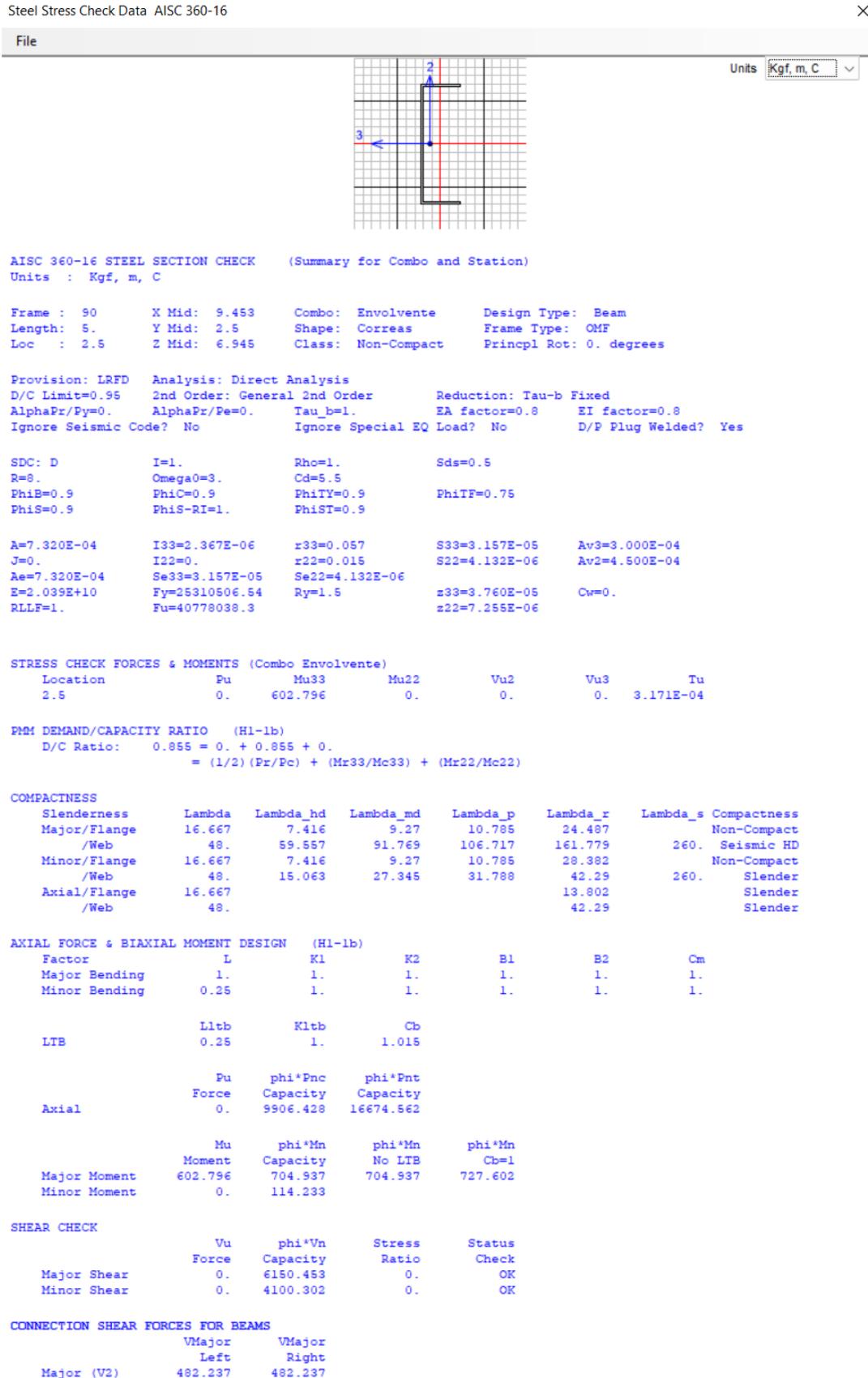


Fig. 73: Comprobación Correa
Fuente: SAP-2000

3.3.5 PLACA BASE

Al ir anclada a la columneta, la placa base tendrá las mismas dimensiones de esta.

Dimensiones Placa		
Base	60	cm
Ancho	25	cm

Lado más largo (N)
Lado más corto (B)

Tabla 125: Dimensiones de placa base
Fuente: Autor

Además, es necesario las dimensiones de la columna:

Dimensiones Columna		
Ancho perfil (b)	57	cm
Peralte perfil(d)	20	cm

Tabla 126: Dimensiones de columna
Fuente: Autor

Por otro lado, definiremos:

Pu	7.591	T	75.91	KN
Fy	25	KN/cm ²		

Tabla 127: Carga última y límite de fluencia de acero A36
Fuente: Autor

Cálculo de voladizos

m	2.925	cm
---	-------	----

Tabla 128: Dimensiones de voladizo en sentido m
Fuente: Autor

n	4.5	cm
---	-----	----

Tabla 129: Dimensiones de voladizo en sentido n
Fuente: Autor

Cálculo del espesor

t _{pm}	0.20	cm
-----------------	------	----

Tabla 130: Espesor de voladizo en sentido m
Fuente: Autor

t _{pn}	0.30	cm
-----------------	------	----

Tabla 131: Espesor de voladizo en sentido n
Fuente: Autor

Se utilizará el espesor comercial más cercano, es decir 12mm.

DISEÑO DE CIMENTACIÓN

3.3.6 COLUMNETAS

El cálculo se lo realizará siguiendo las reglas y fórmulas del ACI 318S. Se utilizará una sección rectangular con un área lo suficientemente grande para que las columnas de la nave quepan sin ningún problema.

Primero se definen los siguientes parámetros:

Carga última actuante obtenida de SAP-2000: $P_u = 17438.90 \text{ Kg}$

Resistencia del hormigón (f'_c): 240 Kg/cm^2

Límite de fluencia del acero (F_y): 4200 Kg/cm^2

Coefficiente de reducción para columnas estribadas (ϕ): 0.7

Utilizando las fórmulas propuestas en el ACI para elementos de hormigón armado sujetos a compresión despejamos el área del acero A_s :

A_s	-73.1844421	cm^2
-------	-------------	---------------

Tabla 132: Área de acero requerida para columneta
Fuente: Autor

Al obtener un área negativa quiere decir que el hormigón es lo suficientemente capaz de soportar la carga última a la que estará sometida la sección, sin embargo es necesario utilizar la cuantía mínima de acero establecida por la normativa.

Despejamos A_s y obtenemos:

A_s	15	cm^2
-------	----	---------------

Tabla 133: Área de acero calculada para columneta
Fuente: Autor

Por lo tanto, la distribución de aceros se la realizara de la siguiente manera:

#varillas	4	
Avarilla	3.75	cm^2
Avasu	2.54	cm^2
ϕ varilla	18	mm
As real	10.16	cm^2

Tabla 134: Distribución de varillas longitudinales esquineras
Fuente: Autor

#varillas	2	
Avarilla	2.42	cm^2
Avasu	2.54	cm^2
ϕ varilla	18	mm
As real	5.08	cm^2

Tabla 135: Distribución de varillas longitudinales centrales
Fuente: Autor

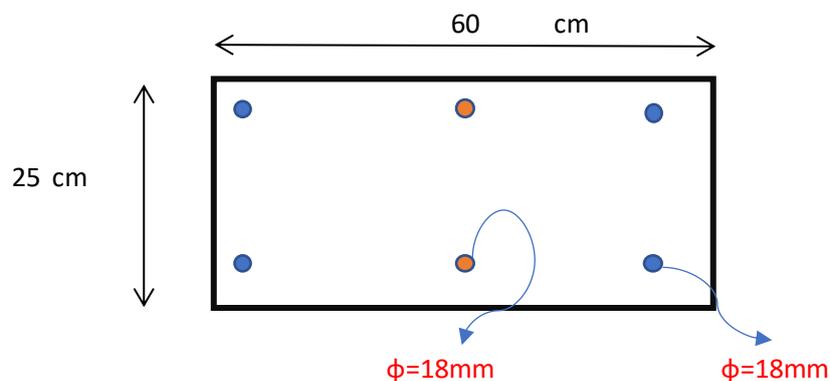


Fig. 74: Diagrama de columneta y su distribución de aceros
Fuente: Autor

3.3.7 ZAPATAS

El tipo de cimentación escogida para el proyecto es zapata aislada. El diseño que se va a presentar a continuación sigue los mismos pasos del diseño de zapatas de la NAVE INDUSTRIAL TIPO I, las zapatas faltantes tendrán un procedimiento similar en su diseño.

Datos impuestos:

DATOS		
f'c	240	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
Df	150	cm
qadm	2	kg/cm ²
ac	25	cm
bc	60	cm

Tabla 136: Descripción de datos que intervienen en el cálculo de zapatas
Fuente: Autor

Determinación de dimensionamiento de contacto zapata-suelo

A	1526.27	cm ²
---	---------	-----------------

Tabla 137: Área asumida para zapatas
Fuente: Autor

calculado			asumido
b	39.07	cm	140
L	39.07	cm	100
			A'
			14000

Tabla 138: Dimensiones aproximadas requeridas para zapatas
Fuente: Autor

El cálculo nos arroja que se requiere un elemento con dimensiones menores al mínimo que es 100cm, por lo que se asume B=140cm y L con la longitud mínima.

Cálculo de excentricidades de carga (servicio)

ex	0.0620583	cm
ey	0.0022863	cm
emaxx	23	cm
B/6	Cumple	
emaxy	7	cm
L/6	Cumple	

Tabla 139: Excentricidades de carga (servicio) en zapatas
Fuente: Autor

Cálculo del qmax (qadm > qmax)

Se supone que el suelo tiene un comportamiento elástico y que la carga aplicada se encuentra en el tercio medio de la cimentación.

qmax	0.22	kg/cm ²
qmax < qadm	cumple	

Tabla 140: Comprobación del esfuerzo del suelo con el esfuerzo máximo admisible
Fuente: Autor

A continuación, se presenta el esquema para la zapata cumpliendo con los parámetros.

qmax/qadm	0.11		
A	14000		
Aincre	1540		
calculado			asumido
b	39.24	cm	140
L	39.24	cm	100
		A'(cm ²)	14000.00
qmax	0.22	kg/cm ²	
condicion	Cumple		

Tabla 141: Comprobación de medidas impuestas
Fuente: Autor

b	140	cm
L	100	cm
ac	25	cm
bc	60	cm

Tabla 142: Dimensiones en planta propuestas para el plinto
Fuente: Autor

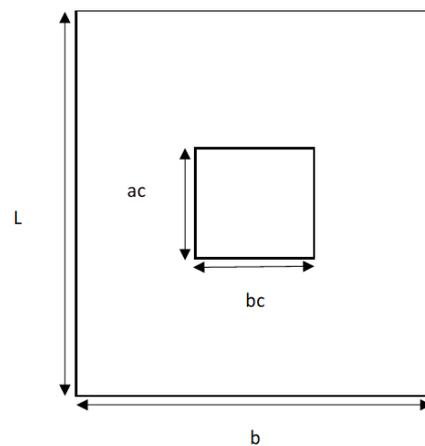


Fig. 75: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Autor

Cálculo de diagrama de reacciones en el SUELO (cargas últimas)

El proceso para el cálculo de la excentricidad es el mismo, y posteriormente se obtienen los esfuerzos últimos definidos por las reacciones del suelo.

ex	0.06	cm
ey	0.00	cm
q1	0.31	kg/cm ²
q2	0.31	kg/cm ²
q3	0.31	kg/cm ²
q4	0.31	kg/cm ²

Tabla 143: Valores de q en cada esquina del plinto
Fuente: Autor

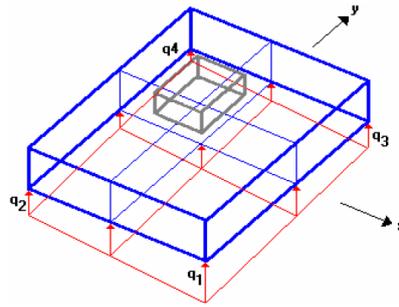


Fig. 76: Diagrama de reacciones del suelo en el plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

Diseño a cortante tipo viga

Consideraciones del plinto:

Consideraciones del plinto		
h	30	cm
Δx	10	cm
Δy	8	cm
recubmin	7.5	cm
ϕ varilla	14	mm

Tabla 144: Descripción de datos que intervienen en el diseño a corte de zapatas
Fuente: Autor

Para el cortante tipo viga su sección crítica es igual a la distancia d (peralte efectivo). Entonces para la dirección X sería el espesor del plinto menos los 10cm mostrados en la tabla anterior y de la misma forma asumimos para la dirección Y donde restaríamos 8cm.

Diseño en la dirección X

qmax	0.31	kg/cm ²
qmin	0.31	kg/cm ²
qmax-qmin	0.00	kg/cm ²
q'	0.31	kg/cm ²

Tabla 145: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor



Fig. 77: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

Diseño en la dirección Y

qmax	0.31	kg/cm ²
qmin	0.31	kg/cm ²
qmax-qmin	0.00	kg/cm ²
q'	0.31	kg/cm ²

Tabla 146: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor

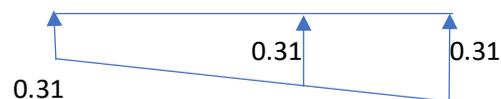


Fig. 78: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

Se debe cumplir:

$$V_u < V_c$$

Cortante en la dirección X

x		
vu	0.41	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 147: Comprobación de vu con Vc en X
Fuente: Autor

Cortante en la dirección Y

y		
vu	0.29	kg/cm ²
vc	8.21	kg/cm ²
condicion	peralte aceptable	

Tabla 148: Comprobación de vu con Vc en Y
Fuente: Autor

DISEÑO A CORTANTE POR PUNZONAMIENTO

Se ubica la sección crítica por punzonamiento que se encuentra a d/2 de la cara de la columna en los sentidos X y Y.

Se verifica que se cumpla $v_u < V_c$.

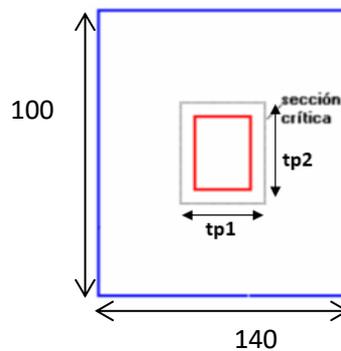


Fig. 79: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

scx(dx/2)	10	cm
scy(dy/2)	11	cm
tp1	80	cm
tp2	47	cm
\bar{q}	0.31	kg/cm ²
Vu	3174.4	kg
vu	0.80	kg/cm ²
Vc	16.42	kg/cm ²
vu < Vc	peralte plinto ok	

Tabla 149: Resistencia del hormigone a punzonamiento en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión

Para el diseño a flexión la sección crítica se encuentra en las caras de la columna.

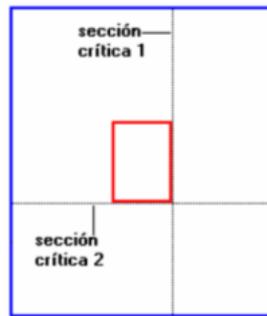


Fig. 80: Diagrama en planta del plinto
Fuente: Romo Proaño (2008)

El mayor esfuerzo por flexión se encontrará en la franja donde el esfuerzo espacial (q_1 , q_2 , q_3 , q_4) de la reacción del suelo sea máximo.

Diseño en la dirección X

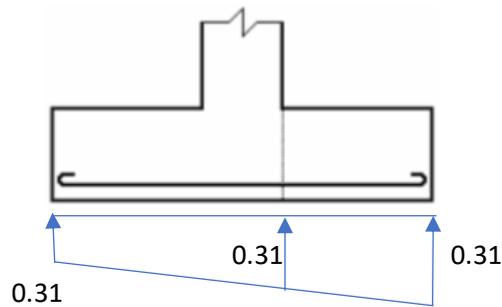


Fig. 81: Esquema de q' aplicado en X
Fuente: Autor

ancho disen	100	cm
q_1	0.31	kg/cm ²
q_2	0.31	kg/cm ²
q_1-q_2	0.00	kg/cm ²
q'	0.31	kg/cm ²

Tabla 150: q' ubicado en la sección crítica del plinto en X
Fuente: Autor

Diseño en la dirección Y

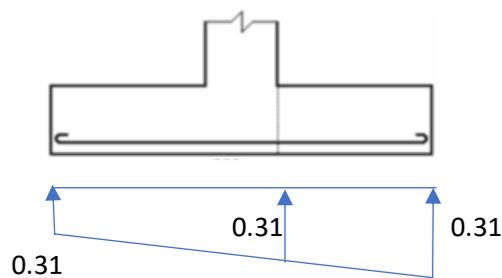


Fig. 82: Esquema de q' en Y
Fuente: Autor

ancho disen	140	cm
q1	0.31	kg/cm ²
q3	0.31	kg/cm ²
q1-q3	0.00	kg/cm ²
q'	0.31	kg/cm ²

Tabla 151: q' ubicado en la sección crítica del plinto en Y
Fuente: Autor

Se comprueba que se cumpla la condición $A_s < A_{s_{min}}$ con lo que se define el área de acero real así se escoge el número de varillas necesarias y la separación entre las mismas para las direcciones de X y Y.

Diseño a flexión en X

x		
Mu	24800	kg.cm
b	100	cm
As	0.3	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
Asmin	6.66666667	cm ²
Adiseño	6.66666667	cm ²
#varillas	7	
Avarilla	0.95	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	10.78	cm ²
espaciamento	14	cm

Tabla 152: Diseño a flexión en la dirección de X en zapatas
Fuente: Autor

Diseño a flexión en Y

y		
Mu	30515.625	kg.cm
b	140	cm
As	0.4	cm ²
ρ_{min}	0.00333333	
Asmin	10.27	cm ²
Adiseño	10	cm ²
#varillas	7	
Avarilla	1.47	cm ²
Avasu	1.54	cm ²
Øvarilla	14	mm
As real	10.78	cm ²
espaciamento	19	cm

Tabla 153: Diseño a flexión en la dirección de Y en zapatas
Fuente: Autor

El cálculo concluye que se necesitan 7 ϕ 14mm @ 14cm, que serán distribuidas en la longitud de X igual a 100cm, y para la dirección de Y se necesitarán 7 ϕ 14mm @ 19cm en una longitud de 140cm.

3.3.8 VIGAS DE CIMENTACIÓN

El diseño de la viga de cimentación se basa en los mismos criterios de diseño de vigas de arrioste. Para este tipo de viga se toma como requerido el peor escenario y se diseña para ese caso.

Diseño a Flexión

Obtenemos los momentos últimos en el programa SAP-2000 y de estos se calcula el acero longitudinal requerido, suponiendo unas dimensiones para las vigas que soporten estos momentos.

Se parte de un recubrimiento igual a 4cm, y para el cálculo correspondiente se aplica:

TIPO	DESCRIPCIÓN		b	h	Recubrimiento	d	Mu	$k = \frac{0.85 * f_c * b * d}{f_y}$	$As = k \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$
			cm	cm	cm	cm	kg-cm		
25x25	Viga Cimentación	Col60x25	25	30	4	26	225735.3	31.5714	2.39

Tabla 154: Descripción de vigas de arrioste y su acero longitudinal requerido
Fuente: Autor

Después de calcular el acero requerido se comprueba que este trabajando a fluencia.

Fluencia del acero				
a	c	ϵ_s	ϵ_f	$\epsilon_s \geq \epsilon_f$
cm	cm			
1.968	2.316	0.0307	0.0021	CUMPLE

Tabla 155: Fluencia del acero en vigas de arrioste
Fuente: Autor

Se tiene el acero longitudinal calculado y con este se procede a comparar con el acero mínimo y máximo requerido.

Cálculo del Acero														
$\frac{I_t}{I_b} = \frac{b^3 * d}{12}$	$\rho_{max} = \frac{\sqrt{f_c}}{25 + \sqrt{f_c}}$	Asmín	Asmáx	As>Asmín	Astemp	Asescogido	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	ϕ varilla	As1Varilla	#varillas	Asreal	Distribución
cm2	cm2	cm2	cm2		cm2	cm2	mm	cm2		mm	cm2		cm2	
2.167	0.599	2.167	7.893	CUMPLE	1.170	2.39	12	1.131	2	14	1.539	1	3.801	2 ϕ 12+1 ϕ 14

Tabla 156: Calculo de acero longitudinal y su distribución en vigas de arrioste
Fuente: Autor

La distribución mostrada hace referencia al diámetro de las varillas y la cantidad de las mismas que serán colocadas en la sección de la viga.

Se comprueba que cumplan las cuantías mínimas y máximas:

Se debe verificar que $\rho \leq \rho_{max}$ para comprobar que el diseño resulte en una falla dúctil.

Verificación de Cuantías							
$\rho = A_s / b * d$	$\rho_{mín}$	$\rho \geq \rho_{mín}$	ρ_b	$\rho_{máx}$	ρ_{temp}	$\rho \leq \rho_{max}$	Tipo de falla
0.006	0.00180	CUMPLE	0.0243	0.0121	0.0018	CUMPLE	FALLA DUCTIL

Tabla 157: Verificación de cuantías en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para la separación mínima de las varillas longitudinales se toma el mínimo de los siguientes valores:

Separación					
S _{mín}	S _{mín}	S _{mín}	2.5, $\phi l_m, D$	S calculado	S calculado > = S
cm	cm	cm	cm	cm	
2.5	1.4	2.5	2.5	5.60	CUMPLE

Tabla 158: Separación de varillas longitudinales en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Diseño a Corte

Igual que en el cálculo a flexión obtenemos las fuerzas cortantes en el programa SAP-2000 y de estas se calcula el acero de refuerzo requerido.

Se parte de los siguientes datos:

DATOS						
TIPO	DESCRIPCIÓN	b	h	Recubrimiento	d	Vu
		cm	cm	cm	cm	kgf
25x25	Col60x25	25	30	4	26	7590.7828

Tabla 159: Descripción de vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se calcula el aporte del hormigón y el acero a la sección

Aporte concreto y acero				
V _{cmáx}	V _{smáx}	V _c	ϕV_c	$\phi V_c / 2$
kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
13392.7764	22153.46474	5336.971	4002.728	2001.364

Tabla 160: Aporte del concreto y el acero en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Para el área transversal mínima de los refuerzos por unidad de longitud se toma el mayor de los siguientes valores:

Área transversal mínima		
Av, mín/s	Av, mín/s	Av, mín/s
cm ² /m	cm ² /m	cm ² /m
0.240	0.271	0.271

Tabla 161: Área transversal mínima requerida por cortante en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se considera $V_u > V_c$, en el caso de que no se cumpla, la separación de los estribos va por especificación.

Resistencia a cortante de la sección					
V_u	V_c	V_s	$2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_s < 2.12 (f'c)^{0.5}$	$V_u > V_c$
kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²		
15.57	8.21	7.36	32.84	CUMPLE	CALCULAR

Tabla 162: Resistencia a cortante de la sección en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Según el ACI 318RS-19, se calcula la separación de los refuerzos en relación con los siguientes parámetros:

Esta separación se cumplirá hasta $2h$ desde el apoyo de la viga.

Separación hasta $2h$ del apoyo							
S calculado	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{máx}$	$S_{calculado} \leq S_{máx}$	S escogido	$2h$
cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm
36	20	7	24	6	NO CUMPLE	6	60

Tabla 163: Separación de aceros de refuerzo en los extremos de las vigas de arriostre
Fuente: Autor

La distancia desde la superficie de apoyo hasta el primer estribo debe ser de 5 cm, sin embargo, si la mitad del espacio seleccionado es inferior a 5 cm, se seleccionará ese valor.

Separación primer estribo		
S escogido	S	S escogido
cm	cm	cm
6	5	3

Tabla 164: Separación del primer estribo desde la cara de apoyo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

En la parte central, la distancia entre los estribos será igual al peralte efectivo dividido para dos.

Separación parte central		
$d/2$	Luz	Distancia
cm	cm	cm
13	400	280

Tabla 165: Separación de aceros de refuerzo en la parte central en vigas de arriostre
Fuente: Autor

Se comprueba que el armado real cumpla con el armado mínimo:

ESTR	Av.min/#EST	Av.real ESTR	
#	#	cm ²	
2	0.13541667	0.79	CUMPLE

Tabla 166: Comprobación de Área mínima requerida con Área real de refuerzo en vigas de arriostre
Fuente: Autor

CAPITULO IV

DETERMINACIÓN DE COSTOS

4.1 COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO I

4.1.1 METRAJE Y CUBICAJE

- Categoría: Obras preliminares

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Obras preliminares		
Rubro:	Replanteo y nivelacion de areas		
Código:	1.1		
Unidad:	m ²		
Limpieza y desbroce			
DESCRIPCION	L, (m)	b, (m)	AREA (m ²)
Terreno	22	27	594

Tabla 167: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas
Fuente: Autor

- Categoría: Cimentación

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m					
Código:	2.1					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	1.5	1	1	12	12	18
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
					m ³ teóricos	21.75
					m ³ Prácticos	23.00

Tabla 168: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Cargado de material a máquina		
Código:	2.2		
Unidad:	m ³		
Desalajo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	23.00	6.90	29.90

Tabla 169: Volumen de obra para cargado de material a máquina
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Transporte de material de desalojo		
Código:	2.3		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	23.00	6.90	29.90

Tabla 170: Volumen de obra para transporte de material de desalojo
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Replanteo de hormigón pobre		
Código:	2.4		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Área, (m ²)	Espesor, (m)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	24.50	0.05	1.23

Tabla 171: Volumen de obra para replanteo de hormigón pobre
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado					
Código:	2.5					
Unidad:	kg					
Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado						
Hormigón en zapatas					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
1	0.4	1	12	4.8	60	288.00
Hormigón en cadenas de amarre					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.25	0.3	5	10	3.8	60	225.00
Columnetas					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.4	0.4	1.1	8	1.41	60	84.48
0.8		1.1	4	1.41	60	84.48
					kg teóricos	681.96
					kg Prácticos	695.60

Tabla 172: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Hormigón Simple 210 Kg/cm2					
Código:	2.6					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
Columnetas	0.4	0.4	1.1	8	3.52	1.408
		0.8	1.1	4	3.52	1.408
					m ³ teóricos	13.29
					m ³ Prácticos	14.00

Tabla 173: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm2
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Relleno compactado con material de mejoramiento					
Código:	2.7					
Unidad:	m ³					
Relleno compactado con material de mejoramiento						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	1.5	1	1.4	12	16.8	25.20
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Columnetas	0.4	0.4	1.1	8	3.52	1.408
		0.8	1.1	4	3.52	1.408
					m ³ teóricos	15.66
					m ³ Prácticos	16.00

Tabla 174: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento
Fuente: Autor

- Categoría: Columnas

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Columnas					
Rubro:	Hormigón Simple en Columnas f'c 210 kg/cm2					
Código:	3.1					
Unidad:	m ³					
Hormigón Simple en Columnas f'c 210 kg/cm2						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	a, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Columna 40x40x600 cm	6.00	0.4	0.4	4	0.160	3.84
Columna 40x40x800 cm	8.00	0.4	0.4	4	0.160	5.12
Columna 40x80x600 cm	6.00	0.8	0.4	2	0.320	3.84
Columna 40x80x800 cm	8.00	0.8	0.4	2	0.320	5.12
					m ³ teóricos	17.92
					m ³ Prácticos	19.00

Tabla 175: Volumen de obra para hormigón simple en Columnas f'c 210 kg/cm2
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje							
Categoría:	Columnas						
Rubro:	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado						
Código:	3.2						
Unidad:	kg						
Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado							
Hormigón en Columnas					Cuantía de Acero		
a, (m)	b, (m)	h, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg	TOTAL
0.4	0.4	6.00	4	3.84	60	230.40	230.4
0.4	0.4	8.00	4	5.12	60	307.20	307.2
0.4	0.8	6.00	2	3.84	60	230.40	230.4
0.4	0.8	8.00	2	5.12	60	307.20	307.2
						kg teóricos	1075.2
						kg Prácticos	1097.00

Tabla 176: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado
Fuente: Autor

- Categoría: Vigas

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Vigas					
Rubro:	Hormigon Simple en Vigas f'c 210 kg/cm2					
Código:	4.1					
Unidad:	m ³					
Hormigon Simple en Columnas f'c 210 kg/cm2						
DESCRIPCION	L, (m)	b, (m)	a, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Viga 25x30x500 cm	5.00	0.25	0.3	10	0.075	3.75
Viga 30x45x500 cm	5.00	0.3	0.45	10	0.135	6.75
					m³ teóricos	10.50
					m³ Prácticos	11.00

Tabla 177: Volumen de obra para hormigón simple en Vigas f'c 210 kg/cm2
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje							
Categoría:	Vigas						
Rubro:	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado						
Código:	4.2						
Unidad:	kg						
Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado							
Hormigón en Columnas					Cuantía de Acero		
a, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg	TOTAL
0.3	0.25	5.00	10	3.75	60	225.00	225
0.45	0.3	5.00	10	6.75	60	405.00	405
						kg teóricos	630
						kg Prácticos	643.00

Tabla 178: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado
Fuente: Autor

- Categoría: Estructura metálica

Metraje y cubijaje								
Categoría:	Estructura metálica							
Rubro:	Acero estructural							
Código:	3.1							
Unidad:	kg							
Relleno compactado con material de mejoramiento								
DESCRIPCION	t3, (m)	t2, (m)	tf, (m)	tw, (m)	Area (m2)	Long, (m)	Peso*m (kg/m)	Peso TOTAL
CANAL 160X60X4	0.16	0.06	0.004	0.004	0.001088	245.84	8.38	2059.77
PERFIL DOBLE L 40X40X4	0.04	0.08	0.004	0.004	0.000608	610.29	2.31	1409.76
CORREA 125X50X3	0.125	0.05	0.003	0.003	0.000657	355.60	5.66	2010.93
VARILLA 12	0.012				0.000113	281.87	0.89	250.30
							m ³ teóricos	5730.76
							m ³ Prácticos	5845.40

Tabla 179: Volumen de obra para acero estructural
Fuente: Autor

- Categoría: Cubierta

Metraje y cubijaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	
Código:	4.1	
Rubro	m ² teóricos	m ² Prácticos
Planchas de cubierta	502.50	505.00
	m ²	505.00

Tabla 180: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%
Fuente: Autor

Metraje y cubijaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Canal recolector agua lluvia	
Código:	4.2	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Canal preformado	25.00	25.00
	m	25.00

Tabla 181: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia
Fuente: Autor

Metraje y cubijaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	
Código:	4.3	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Bajante agua lluvia	6.00	6.00
	m	6.00

Tabla 182: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales
Fuente: Autor

4.1.2 PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO REFERENCIAL NAVE INDUSTRIAL TIPO I					
Autores: Josué Faicán, Andy Toledo					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. unit.	P. total
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo y nivelación de áreas	m2	594.00	\$ 1.33	\$ 788.54
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m	m3	23.00	\$ 13.72	\$ 315.64
2.2	Cargado de material a máquina	m3	29.90	\$ 34.23	\$ 1023.40
2.3	Transporte de material de desalojo	m3	29.90	\$ 1.50	\$ 44.82
2.4	Replanteo de hormigón pobre	m3	1.23	\$ 145.74	\$ 178.53
2.5	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	kg	695.60	\$ 2.62	\$ 1824.08
2.6	Hormigón Simple 210 Kg/cm2, incluye encofrado	m3	14.00	\$ 164.08	\$ 2297.09
2.7	Relleno compactado con material de reposición	m3	16.00	\$ 24.08	\$ 385.24
3	COLUMNAS				
3.1	Hormigón Simple en Columnas f'c 210 kg/cm2, incluye encofrado	m3	19.00	\$ 164.08	\$ 3117.48
3.2	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado	kg	1097.00	\$ 2.62	\$ 2876.68
4	VIGAS				
4.1	Hormigón Simple en Vigas f'c 210 kg/cm2, incluye encofrado	m3	11.00	\$ 164.08	\$ 1804.86
4.2	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado	kg	643.00	\$ 2.62	\$ 1686.15
5	ESTRUCTURA METÁLICA				
5.1	Acero estructural	kg	5845.40	\$ 6.94	\$ 40578.47
6	CUBIERTA				
6.1	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	m2	505.00	\$ 15.28	\$ 7714.10
6.2	Canal visto de piezas preformadas	ml	25.00	\$ 10.17	\$ 254.22
6.3	Bajante en el exterior para aguas pluviales	ml	6.00	\$ 11.31	\$ 67.87
SUBTOTAL					64957.16
I.V.A.				12%	7794.86
TOTAL					72752.02

Tabla 183: Presupuesto referencial Nave industrial tipo I
Fuente: Autor

4.2 COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO II

4.2.1 METRAJE Y CUBICAJE

- Categoría: Obras preliminares

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Obras preliminares		
Rubro:	Replanteo y nivelacion de areas		
Código:	1.1		
Unidad:	m ²		
Limpieza y desbroce			
DESCRIPCION	L, (m)	b, (m)	AREA (m ²)
Terreno	22	27	594

Tabla 184: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas
Fuente: Autor

- Categoría: Cimentación

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m					
Código:	2.1					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	1.5	1	1.4	12	16.8	25.2
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
					m ³ teóricos	28.95
					m ³ Prácticos	30.00

Tabla 185: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Cargado de material a máquina		
Código:	2.2		
Unidad:	m ³		
Desalajo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	30.00	9.00	39.00

Tabla 186: Volumen de obra para cargado de material a máquina
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Transporte de material de desalojo		
Código:	2.3		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	30.00	9.00	39.00

Tabla 187: Volumen de obra para transporte de material de desalojo
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Replanteo de hormigón pobre		
Código:	2.4		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Área, (m ²)	Espesor, (m)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	29.30	0.05	1.47

Tabla 188: Volumen de obra para replanteo de hormigón pobre
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado					
Código:	2.5					
Unidad:	kg					
Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado						
Hormigón en zapatas					Cuantía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
1	0.4	1.4	12	6.7	60	403.20
Hormigón en cadenas de amarre					Cuantía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.25	0.3	5	10	3.8	60	225.00
Columnetas					Cuantía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.25	0.6	1.1	12	1.98	60	118.80
					kg teóricos	747.00
					kg Prácticos	762.00

Tabla 189: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Hormigón Simple 210 Kg/cm2					
Código:	2.6					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
Columnetas	0.6	0.25	1.1	12	3.3	1.98
					m ³ teóricos	12.45
					m ³ Prácticos	13.00

Tabla 190: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm2
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Relleno compactado con material de mejoramiento					
Código:	2.7					
Unidad:	m ³					
Relleno compactado con material de mejoramiento						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	1.5	1	1.4	12	16.8	25.20
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Columnetas	0.6	0.25	1.1	12	3.3	1.98
					m ³ teóricos	16.50
					m ³ Prácticos	16.90

Tabla 191: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento
Fuente: Autor

- Categoría: Estructura metálica

Metraje y cubicaje								
Categoría:	Estructura metálica							
Rubro:	Acero estructural							
Código:	3.1							
Unidad:	kg							
Relleno compactado con material de mejoramiento								
DESCRIPCION	t3, (m)	t2, (m)	tf, (m)	tw, (m)	Area (m2)	Long, (m)	Peso*m (kg/m)	Peso TOTAL
IPN 450	0.45	0.19	0.016	0.01	0.01026	184.48	80.54	14857.91
IPN 240	0.24	0.12	0.01	0.0062	0.003718	50.00	29.19	1459.33
CORREA 150X50X3	0.15	0.05	0.003	0.003	0.000732	330.2016	5.655	1867.29
VARILLA 12	0.012				0.000113	369.90	0.89	328.47
							kg teóricos	18513.00
							kg Prácticos	18883.30

Tabla 192: Volumen de obra para acero estructural
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Estructura Metálica	
Rubro:	Placa Base 600x250x12 mm	
Código:	8.11	
Partes	Cantidad Teórica	Cantidad Práctica
Placa Base 600x250x12 mm	12.00	12.00
	U	12.00

Tabla 193: Volumen de obra para placa base 600x250x12 mm
Fuente: Autor

- Categoría: Cubierta

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	
Código:	4.1	
Rubro	m² teóricos	m² Prácticos
Planchas de cubierta	502.50	505.00
	m²	505.00

Tabla 194: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Canal recolector agua lluvia	
Código:	4.2	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Canal preformado	25.00	25.00
	m	25.00

Tabla 195: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	
Código:	4.3	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Bajante agua lluvia	6.00	6.00
	m	6.00

Tabla 196: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales
Fuente: Autor

4.2.2 PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO REFERENCIAL NAVE INDUSTRIAL TIPO II					
Autores: Josué Faicán, Andy Toledo					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. unit.	P. total
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo y nivelación de áreas	m2	594.00	\$ 1.33	\$ 788.54
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m	m3	30.00	\$ 13.72	\$ 411.70
2.2	Cargado de material a máquina	m3	39.00	\$ 34.23	\$ 1334.87
2.3	Transporte de material de desalojo	m3	39.00	\$ 1.50	\$ 58.46
2.4	Replanteo de hormigón pobre	m3	1.47	\$ 145.74	\$ 213.51
2.5	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	kg	762.00	\$ 2.62	\$ 1998.20
2.6	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	13.00	\$ 164.08	\$ 2133.01
2.7	Relleno compactado con material de reposición	m3	16.90	\$ 24.08	\$ 406.91
3	ESTRUCTURA METÁLICA				
3.1	Acero estructural	kg	18883.30	\$ 6.94	\$ 131086.92
3.2	Placas de base para columnas	u	12.00	\$ 29.03	\$ 348.36
4	CUBIERTA				
4.1	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	m2	505.00	\$ 15.28	\$ 7714.10
4.2	Canal visto de piezas preformadas	ml	25.00	\$ 10.17	\$ 254.22
4.3	Bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	ml	6.00	\$ 11.31	\$ 67.87
SUBTOTAL					146816.68
I.V.A.				12%	17618.00
TOTAL					164434.68

Tabla 197: Presupuesto referencial Nave industrial tipo II
Fuente: Autor

4.3 COSTOS DE NAVE INDUSTRIAL TIPO III

4.3.1 METRAJE Y CUBICAJE

- Categoría: Obras preliminares

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Obras preliminares		
Rubro:	Replanteo y nivelacion de areas		
Código:	1.1		
Unidad:	m ²		
Limpieza y desbroce			
DESCRIPCION	L, (m)	b, (m)	AREA (m ²)
Terreno	22	27	594

Tabla 198: Volumen de obra para replanteo y nivelación de áreas
Fuente: Autor

- Categoría: Cimentación

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m					
Código:	2.1					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	1.5	1	1.4	12	16.8	25.2
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
					m ³ teóricos	28.95
					m ³ Prácticos	30.00

Tabla 199: Volumen de obra para excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Cargado de material a máquina		
Código:	2.2		
Unidad:	m ³		
Desalajo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	30.00	9.00	39.00

Tabla 200: Volumen de obra para cargado de material a máquina
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Transporte de material de desalojo		
Código:	2.3		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Excavación, (m ³)	Esponjamiento de tierras	VOLUMEN (m ³)
Terreno	30.00	9.00	39.00

Tabla 201: Volumen de obra para transporte de material de desalojo
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje			
Categoría:	Cimentación		
Rubro:	Replanteo de hormigón pobre		
Código:	2.4		
Unidad:	m ³		
Desalojo del material			
DESCRIPCION	Área, (m ²)	Espesor, (m)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	29.30	0.05	1.47

Tabla 202: Volumen de obra para replanteo de hormigón pobre
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado					
Código:	2.5					
Unidad:	kg					
Acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado						
Hormigón en zapatas					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
1	0.4	1.4	12	6.7	60	403.20
Hormigón en cadenas de amarre					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.25	0.3	5	10	3.8	60	225.00
Columnetas					Cuántía de Acero	
b, (m)	h, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	VOLUMEN (m ³)	CUANTIA	kg
0.25	0.6	1.1	12	1.98	60	118.80
					kg teóricos	747.00
					kg Prácticos	762.00

Tabla 203: Volumen de obra para acero de refuerzo fy 4200, cortado y doblado
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Hormigón Simple 210 Kg/cm2					
Código:	2.6					
Unidad:	m ³					
Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Cadenas de amarre	0.3	0.25	5	10	12.5	3.75
Columnetas	0.6	0.25	1.1	12	3.3	1.98
					m ³ teóricos	12.45
					m ³ Prácticos	13.00

Tabla 204: Volumen de obra para hormigón simple 210 kg/cm2
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje						
Categoría:	Cimentación					
Rubro:	Relleno compactado con material de mejoramiento					
Código:	2.7					
Unidad:	m ³					
Relleno compactado con material de mejoramiento						
DESCRIPCION	h, (m)	b, (m)	L, (m)	CANTIDAD, (u)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Terreno	1.5	1	1.4	12	16.8	25.20
Zapatas	0.4	1	1.4	12	16.8	6.72
Columnetas	0.6	0.25	1.1	12	3.3	1.98
					m ³ teóricos	16.50
					m ³ Prácticos	16.90

Tabla 205: Volumen de obra para relleno compactado con material de mejoramiento
Fuente: Autor

- Categoría: Estructura metálica

Metraje y cubicaje								
Categoría:	Estructura metálica							
Rubro:	Acero estructural							
Código:	3.1							
Unidad:	kg							
Relleno compactado con material de mejoramiento								
DESCRIPCION	t3, (m)	t2, (m)	tf, (m)	tw, (m)	Area (m2)	Long, (m)	Peso*m (kg/m)	Peso TOTAL
TUBO 200X70X6	0.2	0.07	0.006	0.006	0.003096	160.88	23.58	3793.53
TUBO 150x50x4	0.15	0.05	0.004	0.004	0.001536	273.67	11.73	3210.10
TUBO 40X40X4	0.04	0.04	0.004	0.004	0.000576	327.22	4.20	1374.31
TUBO 40X40X2	0.04	0.04	0.002	0.002	0.000304	391.83	2.31	905.13
TUBO 90X50X3	0.09	0.05	0.003	0.003	0.000804	199.70	3.16	631.06
CORREA 125X50X3	0.125	0.05	0.003	0.003	0.000657	254.45	5.07	1289.21
VARILLA 12	0.012				0.000113	370.43	0.89	328.94
							m ³ teóricos	11532.28
							m ³ Prácticos	11763.00

Tabla 206: Volumen de obra para acero estructural
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Estructura Metálica	
Rubro:	Placa Base 600x250x12 mm	
Código:	8.11	
Partes	Cantidad Teórica	Cantidad Práctica
Placa Base 600x250x12 mm	12.00	12.00
		U 12.00

Tabla 207: Volumen de obra para placa base 600x250x12 mm
Fuente: Autor

- Categoría: Cubierta

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	
Código:	4.1	
Rubro	m² teóricos	m² Prácticos
Planchas de cubierta	502.50	505.00
	m²	505.00

Tabla 208: Volumen de obra para cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Canal recolector agua lluvia	
Código:	4.2	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Canal preformado	25.00	25.00
	m	25.00

Tabla 209: Volumen de obra para canal recolector agua lluvia
Fuente: Autor

Metraje y cubicaje		
Categoría:	Cubierta	
Rubro:	Bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	
Código:	4.3	
Rubro	m teóricos	m Prácticos
Bajante agua lluvia	6.00	6.00
	m	6.00

Tabla 210: Volumen de obra para bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales
Fuente: Autor

4.3.2 PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO REFERENCIAL NAVE INDUSTRIAL TIPO III					
Autores: Josué Faicán, Andy Toledo					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. unit.	P. total
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo y nivelación de áreas	m2	594.00	\$ 1.33	\$ 788.54
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m	m3	30.00	\$ 13.72	\$ 411.70
2.2	Cargado de material a máquina	m3	39.00	\$ 34.23	\$ 1334.87
2.3	Transporte de material de desalojo	m3	39.00	\$ 1.50	\$ 58.46
2.4	Replanteo de hormigón pobre	m3	1.47	\$ 145.74	\$ 213.51
2.5	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	kg	762.00	\$ 2.62	\$ 1998.20
2.6	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	13.00	\$ 164.08	\$ 2133.01
2.7	Relleno compactado con material de reposición	m3	16.90	\$ 24.08	\$ 406.91
3	ESTRUCTURA METÁLICA				
3.1	Acero estructural	kg	11763.00	\$ 6.94	\$ 81658.16
3.2	Placas de base para columnas	u	12.00	\$ 29.03	\$ 348.36
4	CUBIERTA				
4.1	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente igual a 10%	m2	505.00	\$ 15.28	\$ 7714.10
4.2	Canal visto de piezas preformadas	ml	25.00	\$ 10.17	\$ 254.22
4.3	Bajante en el exterior para aguas residuales y pluviales	ml	6.00	\$ 11.31	\$ 67.87
SUBTOTAL					97387.91
I.V.A.				12%	11686.55
TOTAL					109074.46

Tabla 211: Presupuesto referencial Nave industrial tipo III

Fuente: Autor

CAPITULO V

COMPARACIÓN

5.1 ACERO

5.1.1 Ventajas

Alta capacidad portante bajo diversas formas de estado tensional (tracción, compresión, etc). Es decir que, con dimensiones relativamente pequeñas del acero este resiste grandes cargas.

$\gamma_{ac}=7850 \text{ kg/m}^3$

Elemento estructural liviano, por su ductilidad presenta mayores ventajas en zonas con peligro sísmico ya que se deforma antes de entrar en un estado plástico o de rotura.

Poco tiempo de ejecución.

Procesos industriales, permite que las piezas sean armadas en taller y montar en sitio.

Facilidad de reconstrucción o arreglo de elementos, cambio o reemplazo de piezas desmontabilidad y fácil intercambiabilidad.

Cambio de uso de la estructura.

Se puede construir cualquier estructura en zonas inaccesibles (armables y desarmables).

Elementos más ligeros que otros materiales y esto permite un fácil transporte.

Fiabilidad del trabajo, esto es gracias a la uniformidad en las propiedades mecánicas del acero (calidad).

Estanqueidad de gases y líquidos debido a su densidad.

Totalmente impermeable (como material no como estructura).

Reciclaje de elementos de vida útil cumplida.

5.1.2 Desventajas

Mayor costo.

Susceptibles a la corrosión debido a la presencia de oxígeno.

No tiene resistencia al fuego.

En los aceros A36 con $f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$

Cuando la temperatura aumenta a 300-400 °C su $f_y \approx 1400 \text{ kg/cm}^2$.

Cuando la temperatura aumenta a 700-800 °C su $f_y \approx 400 \text{ kg/cm}^2$, a este estado se lo conoce como muerte térmica donde el acero se plastifica.

Elementos vulnerables a la presión del viento.

5.2 HORMIGÓN ARMADO

5.2.1 Ventajas

El hormigón armado tiene grandes ventajas como elemento estructural siendo utilizado con mucha frecuencia en la construcción tradicional, lo que nos dice que tiene una gran aceptación en nuestro medio, en comparación con la construcción de acero y la construcción prefabricada.

$\gamma_{HA}=2400 \text{ kg/m}^3$

Tiene mayor resistencia al fuego y a los agentes abrasivos del ambiente.

Tiene resistencia a los esfuerzos de compresión flexión corte y tracción.

Al terminarse el tiempo de esperar para el fraguado este requiere de un mantenimiento mínimo.

La maleabilidad del hormigón es una de las más importantes ventajas, ya que permite adaptarse a cualquier forma lo que nos permite construir el elemento que se quisiera.

Para la elaboración de hormigón armado, los materiales están presentes en nuestro medio y son muy fáciles de conseguir.

5.2.2 Desventajas

Cuando se tiene la necesidad de salvar grandes luces el hormigón no puede ser considerado debido a su peso, este factor provoca que en elementos muy largos se produzca pandeo en los elementos estructurales, pero si se requiere que la construcción sea con elementos de hormigón se deberán construir elementos con grandes dimensiones, lo que elevará el costo de construcción.

El tiempo de fraguado que requiere para que los elementos de hormigón lleguen a su resistencia máxima es de 28 días por lo que aumenta el periodo de construcción, además se deben tomar en cuenta los siguientes factores que pueden afectar directamente, factores como: condiciones climáticas, rendimiento de los trabajadores y disponibilidad de materiales en obra.

5.3 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

ACERO

Ventajas

Con elementos de acero se puede lograr un mejor comportamiento estructural siendo estos esbeltos, pero aportando la rigidez necesaria en la estructura.

Desventajas

El comportamiento estructural de cualquier miembro de acero en una estructura, se puede ver afectado si en el lugar se presentan incidentes con temperaturas altas, haciendo que las propiedades físicas del elemento cambien y disminuyan su rigidez.

HORMIGÓN ARMADO

Ventajas

Los elementos de hormigón armado presentan mejor comportamiento a la compresión que cualquier otro material, y al allearlo con varillas de acero corrugadas trabajan de buena manera ante esfuerzos de compresión.

Desventajas

Para lograr el mismo comportamiento que un elemento estructural, se necesitan secciones mucho más grandes.

5.4 COSTOS

ACERO

Ventajas

Los elementos de acero pueden ser prefabricados y montados rápidamente, lo que genera una recuperación de dinero rápida con respecto al uso de la estructura, puesto que mientras más rápido se construye más pronto se puede recuperar la inversión de la construcción.

Desventajas

Los materiales de acero, maquinaria para su unión, y mano de obra, representan un gran gasto en la obra, el precio del acero ha incrementado en estos últimos tiempos.

HORMIGÓN ARMADO

Ventajas

Los elementos de hormigón mantienen un precio bajo en comparación a los de acero, lo que permite ahorrar costos eligiendo alternativas más baratas.

Desventajas

Por la duración de la fabricación de estructuras de hormigón armado, los costos pueden verse afectados en el pago a la mano de obra por lo extensa que es la fabricación de estos elementos y también, al contrario que los elementos de acero mientras más se demora la construcción más tarde se recupera la inversión.

5.5 MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

ACERO

Ventajas

Debido a su facilidad de acople entre miembros estructurales, se puede reducir los tiempos constructivos y además se podrían trabajar con varios frentes a la vez.

Desventajas

Al tratarse de elementos pesados, al momento de colocar los elementos estructurales en sus respectivos lugares en la mayoría de los casos se tendrá la necesidad de grúas, por lo que será un factor para considerar en el terreno para garantizar la movilidad de esta.

HORMIGÓN ARMADO

Ventajas

Para la construcción con hormigón armado no será estrictamente necesario mano de obra calificada y se podrá trabajar en el mismo sitio.

Desventajas

Cuando se trabaja con elementos de hormigón es necesario esperar los tiempos de fraguado y endurecimiento de estos para poder seguir avanzando con la obra.

5.6 MANTENIMIENTO

ACERO

Ventajas

Cuando un elemento de acero sufre algún daño o necesita ser cambiado, los procesos son relativamente fáciles, pues gracias a la trabajabilidad y desmontabilidad del material se puede solucionar cualquier tipo de problema.

Desventajas

La corrosión y susceptibilidad al fuego son los principales problemas de las estructuras de acero, esto se debe revisar con mucha frecuencia y si se encuentra alguna falla se debe arreglarla en el menor tiempo posible.

HORMIGÓN ARMADO

Ventajas

Las estructuras de hormigón armado necesitan poco mantenimiento, pues el hormigón es un elemento muy resistente a condiciones climáticas extremas, resistente al fuego y a altos esfuerzos de compresión.

Desventajas

Al sufrir un daño grave su reparación se convierte en un problema difícil de resolver, se necesita incluso de otros materiales como el acero para mejorar la estructura dañada.

Se debe hacer una inspección al menos cada año para revisar fisuras o grietas y una revisión cada diez años para limpieza.

5.7 CONCLUSIONES

Se definieron todas las cargas y combinación de cargas conforme la NEC-15, en donde se tomaron en cuenta las cargas con sus respectivas combinaciones con la ayuda de un espectro de respuesta elástico de aceleraciones, el cual está en función de la ubicación del proyecto y depende de su forma en elevación como en planta, lo cual nos permitió un análisis exhaustivo del comportamiento estructural de cada una de las tres tipologías.

Se diseñaron los miembros estructurales correspondientes a cada tipología de acuerdo con las normas presentes en el ACI y en el AISC según la clase de elemento requerido, con los cuales después de haber obtenido los diseños definitivos se obtuvo los planos finales para cada una de las tres naves.

Por último, se comparó en varios aspectos las tres tipologías tomando en cuenta que el acero estructural y el hormigón armado como materiales de construcción, son los más comunes que se pueden encontrar en nuestro medio, si bien las estructuras de hormigón resultan más económicas el acero muestra una ventaja en cuanto a rapidez constructiva y en métodos constructivos, sin embargo al momento de tratarse de mantenimiento las estructuras de acero requieren periódicamente de estos, aspecto que no sucede en las estructuras de hormigón. Por otro lado las estructuras de perfiles con alma llena en comparación a las estructuras de tubo estructural son mejores en todos los aspectos mencionados anteriormente, con lo ya dicho podemos concluir que entre las tres tipologías estudiadas a lo largo de este proyecto, la nave recomendada y la que sobresale entre las tres es la estructura conformada por perfiles de alma llena, ya que su rapidez constructiva, su fácil mantenimiento, su óptimo comportamiento estructural y su precio razonable en comparación a las otras dos tipologías son razones suficientes para llegar a esta conclusión.

5.8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda siempre realizar un estudio geotécnico para no generar una incertidumbre en el comportamiento del suelo, en el lugar de implantación de la estructura.
2. Se recomienda realizar un análisis sísmico y dinámico en este tipo de estructuras, ya que eso nos garantiza un mejor diseño y comportamiento de la estructura ante cualquier eventualidad que se podría presentar.
3. Se debe tomar en cuenta que el presupuesto referencial y el análisis de precios unitarios están sujetos a cambios ya que se realizaron en el año de publicación del proyecto.
4. Se recomienda considerar que las naves industriales a un agua, tienen un comportamiento estructural que se debe analizar de manera cuidadosa ya que al no ser una estructura simétrica tiende a torsionarse.

BIBLIOGRAFIA

Ortiz Fuentes, L. R. (2018). 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 1/2 Vía Durán Jujan, en el Cantón Durán, de la Provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil.).
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29313>

PIGUAVE MIRANDA, L. E. (2021). ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA LA CANCHA DE USO MÚLTIPLE DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ UTILIZANDO EL SOFTWARE SAP2000 (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2953>

CONTRERAS, D. R. (2016). " TIPIFICACIÓN DE NAVES DE ESTRUCTURA DE ACERO UTILIZADAS PARA LA INDUSTRIA (Posgrado, UNIVERSIDAD DE CUENCA).
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26167>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda . (2015). NEC - Cargas(No sísmicas). Dirección de comunicación social, MIDUVI. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentosnormativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC-SE-DS. (2015). NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sísmo resistente parte 1, 2, 3, 4. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentosnormativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

AISC (2005). "Specification for Structural Steel Buildings," Reporte No. AISC 360-05, American Institute of Steel Construction, Chicago.

Proaño, M. R. (2007). Diseño de Estructuras de Concreto Armado.

ACI 318-19. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural . Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/53414/aci-318-19-espanol>

ANEXOS

PRECIOS UNITARIOS

NAVE INDUSTRIAL TIPO I

- Categoría: Obras preliminares

Rubro:	Replanteo y nivelación de áreas				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Topógrafo (C1)		1.00	4.29	0.075	0.32
Cadenero (D2)		1.00	3.87	0.075	0.29
					0.61
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Equipo de topografía	hora	1.00	6.25	0.075	0.47
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.04
					0.45
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.06
Costos indirectos (25%)					0.27
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.33

- Categoría: Cimentación

Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 metros				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3	3.83	0.91	10.46
					10.46
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.52
					0.52
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					10.98
Costos indirectos (25%)					2.74
PRECIO UNITARIO TOTAL					13.72

Rubro:	Cargado de material a máquina				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador cargadora frontal (C1 grupo 1)		1	4.09	0.910	3.72
					3.72
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Cargadora	hora	1.00	26.00	0.910	23.66
					23.66
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					27.38
Costos indirectos (25%)					6.85
PRECIO UNITARIO TOTAL					34.23

Rubro:	Transporte de residuos inertes con camión				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer volqueta (C1)		1.00	5.62	0.039	0.22
					0.22
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Volqueta 8m3	hora	1.00	26.00	0.039	1.01
					0.98
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.20
Costos indirectos (25%)					0.30
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.50

Rubro:	Replanto de hormigón pobre				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		2.00	3.83	2.58	19.76
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					29.75
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concreteira 1 saco	hora	1.00	3.75	2.580	9.68
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.49
					11.16
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.20	3.20		0.64
Arena	m3	0.50	16.00		8.00
Cemento	saco	7.00	8.00		56.00
Grava	m3	0.69	16.00		11.04
					75.68
Costo directo total					116.59
Costos indirectos (25%)					29.15
PRECIO UNITARIO TOTAL					145.74

Rubro:	Acero de refuerzo (incluye corte y doblado)				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Fierrero (D2)		1.00	3.87	0.0125	0.05
Peón (E2)		1.00	3.83	0.0125	0.05
					0.10
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.00
					0.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero de refuerzo fc=4200kg/cm2	kg	1.02	1.18		1.20
Alambre de amarre	kg	0.70	1.14		0.80
					2.00
Costo directo total					2.10
Costos indirectos (25%)					0.52
PRECIO UNITARIO TOTAL					2.62

Rubro:	Hormigón simple f'c=210kg/cm2				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3.00	3.83	2.58	29.64
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					39.63
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera 1 saco	hora	1.00	3.75	1.200	4.50
Vibrador	hora	1.00	2.50	1.200	3.00
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.98
					9.48
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.16	3.20		0.51
Arena	m3	0.53	16.00		8.48
Cemento	saco	6.20	8.00		49.60
Grava	m3	0.87	16.00		13.92
Encofrado de madera	m2	1.00	9.64		9.64
					82.15
Costo directo total					131.26
Costos indirectos (25%)					32.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					164.08

Rubro:	Relleno compactado con material de reposición				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro mayor		1	4.29	0.19	0.82
Peón (E2)		4	3.83	0.19	2.91
					3.73
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibroapisonador	hora	1.00	3.00	0.190	0.57
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.19
					0.76
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Material de reposición	m3	1.00	14.78		14.78
					14.78
Costo directo total					19.26
Costos indirectos (25%)					4.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					24.08

- Categoría: Columnas

Rubro:	Hormigón simple f'c=210kg/cm2				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3.00	3.83	2.58	29.64
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					39.63
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concreteira 1 saco	hora	1.00	3.75	1.200	4.50
Vibrador	hora	1.00	2.50	1.200	3.00
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.98
					9.48
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.16	3.20		0.51
Arena	m3	0.53	16.00		8.48
Cemento	saco	6.20	8.00		49.60
Grava	m3	0.87	16.00		13.92
Encofrado de madera	m2	1.00	9.64		9.64
					82.15
Costo directo total					131.26
Costos indirectos (25%)					32.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					164.08

Rubro:	Acero de refuerzo (incluye corte y doblado)				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Fierrero (D2)		1.00	3.87	0.0125	0.05
Peón (E2)		1.00	3.83	0.0125	0.05
					0.10
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.00
					0.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero de refuerzo f _c =4200kg/cm ²	kg	1.02	1.18		1.20
Alambre de amarre	kg	0.70	1.14		0.80
					2.00
Costo directo total					2.10
Costos indirectos (25%)					0.52
PRECIO UNITARIO TOTAL					2.62

- Categoría: Vigas

Rubro:	Hormigón simple f _c =210kg/cm ²				
Unidad:	m ³				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3.00	3.83	2.58	29.64
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					39.63
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera 1 saco	hora	1.00	3.75	1.200	4.50
Vibrador	hora	1.00	2.50	1.200	3.00
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.98
					9.48
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m ³	0.16	3.20		0.51
Arena	m ³	0.53	16.00		8.48
Cemento	saco	6.20	8.00		49.60
Grava	m ³	0.87	16.00		13.92
Encofrado de madera	m ²	1.00	9.64		9.64
					82.15
Costo directo total					131.26
Costos indirectos (25%)					32.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					164.08

Rubro:	Acero de refuerzo (incluye corte y doblado)				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Fierrero (D2)		1.00	3.87	0.0125	0.05
Peón (E2)		1.00	3.83	0.0125	0.05
					0.10
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.00
					0.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero de refuerzo fc=4200kg/cm2	kg	1.02	1.18		1.20
Alambre de amarre	kg	0.70	1.14		0.80
					2.00
Costo directo total					2.10
Costos indirectos (25%)					0.52
PRECIO UNITARIO TOTAL					2.62

- Categoría: Estructura metálica

Rubro:	Acero estructural				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Soldador (C1)		1.00	4.29	0.074	0.32
Peón (E2)		2.00	3.83	0.074	0.57
Perfilero (C2)		1.00	4.09	0.074	0.30
					1.19
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de soldadura	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Equipo de corte	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Grúa móvil	hora	1.00	25.00	0.074	1.85
					2.07
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero estructural A36	kg	1.00	1.75		1.75
Pintura anticorrosiva	gln	0.010	24.34		0.24
Suelda 60-11	kg	0.05	4.30		0.22
Gas butano	kg	0.01	1.00		0.01
Oxígeno	m3	0.003	25.40		0.08
					2.29
Costo directo total					5.55
Costos indirectos (25%)					1.39
PRECIO UNITARIO TOTAL					6.94

- Categoría: Cubierta

Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente mayor que 10%				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro de obra (C1)		1.00	4.09	0.167	0.68
Peón (E2)		2.00	3.83	0.167	1.28
					1.96
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Panel de acero galvalume de espesor 0.7mm	m2	1.10	8.78		9.66
Tornillo autoroscante de 6.5x70mm de acero inoxidable, con arandela	Unidad	3.000	0.04		0.12
					10.16
Costo directo total					12.22
Costos indirectos (25%)					3.06
PRECIO UNITARIO TOTAL					15.28

Rubro:	Canal visto de piezas preformadas				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Canal circular de PVC, incluye piezas de conexión y soporte	ml	1.10	6.38		7.02
					7.02
Costo directo total					9.05
Costos indirectos (25%)					2.26
PRECIO UNITARIO TOTAL					11.31

Rubro:	Bajante en el exterior para aguas pluviales				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubo PVC diámetro 110mm y espesor 3mm, precio incrementado 40% en concepto de accesorios y piezas especiales	ml	1.00	3.85		3.85
Adhesivo para PVC	l	0.016	23.49		0.38
Material auxiliar para montaje y sujeción	Unidad	1.00	1.88		1.88
					6.11
Costo directo total					8.14
Costos indirectos (25%)					2.03
PRECIO UNITARIO TOTAL					10.17

NAVE INDUSTRIAL TIPO II

- Categoría: Obras preliminares

Rubro:	Replanteo y nivelación de áreas				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Topógrafo (C1)		1.00	4.29	0.075	0.32
Cadenero (D2)		1.00	3.87	0.075	0.29
					0.61
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Equipo de topografía	hora	1.00	6.25	0.075	0.47
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.04
					0.45
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.06
Costos indirectos (25%)					0.27
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.33

- Categoría: Cimentación

Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 metros				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3	3.83	0.91	10.46
					10.46
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.52
					0.52
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					10.98
Costos indirectos (25%)					2.74
PRECIO UNITARIO TOTAL					13.72

Rubro:	Cargado de material a máquina				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador cargadora frontal (C1 grupo 1)		1	4.09	0.910	3.72
					3.72
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Cargadora	hora	1.00	26.00	0.910	23.66
					23.66
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					27.38
Costos indirectos (25%)					6.85
PRECIO UNITARIO TOTAL					34.23

Rubro:	Transporte de residuos inertes con camión				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer volqueta (C1)		1.00	5.62	0.039	0.22
					0.22
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Volqueta 8m3	hora	1.00	26.00	0.039	1.01
					0.98
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.20
Costos indirectos (25%)					0.30
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.50

Rubro:	Replanto de hormigón pobre				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		2.00	3.83	2.58	19.76
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					29.75
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concreteira 1 saco	hora	1.00	3.75	2.580	9.68
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.49
					11.16
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.20	3.20		0.64
Arena	m3	0.50	16.00		8.00
Cemento	saco	7.00	8.00		56.00
Grava	m3	0.69	16.00		11.04
					75.68
Costo directo total					116.59
Costos indirectos (25%)					29.15
PRECIO UNITARIO TOTAL					145.74

Rubro:	Acero de refuerzo (incluye corte y doblado)				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Fierrero (D2)		1.00	3.87	0.0125	0.05
Peón (E2)		1.00	3.83	0.0125	0.05
					0.10
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.00
					0.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero de refuerzo fc=4200kg/cm2	kg	1.02	1.18		1.20
Alambre de amarre	kg	0.70	1.14		0.80
					2.00
Costo directo total					2.10
Costos indirectos (25%)					0.52
PRECIO UNITARIO TOTAL					2.62

Rubro:	Hormigón simple f'c=210kg/cm2				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3.00	3.83	2.58	29.64
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					39.63
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera 1 saco	hora	1.00	3.75	1.200	4.50
Vibrador	hora	1.00	2.50	1.200	3.00
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.98
					9.48
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.16	3.20		0.51
Arena	m3	0.53	16.00		8.48
Cemento	saco	6.20	8.00		49.60
Grava	m3	0.87	16.00		13.92
Encofrado de madera	m2	1.00	9.64		9.64
					82.15
Costo directo total					131.26
Costos indirectos (25%)					32.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					164.08

Rubro:	Relleno compactado con material de reposición				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro mayor		1	4.29	0.19	0.82
Peón (E2)		4	3.83	0.19	2.91
					3.73
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibroapisonador	hora	1.00	3.00	0.190	0.57
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.19
					0.76
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Material de reposición	m3	1.00	14.78		14.78
					14.78
Costo directo total					19.26
Costos indirectos (25%)					4.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					24.08

- Categoría: Estructura metálica

Rubro:	Acero estructural				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Soldador (C1)		1.00	4.29	0.074	0.32
Peón (E2)		2.00	3.83	0.074	0.57
Perfilero (C2)		1.00	4.09	0.074	0.30
					1.19
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de soldadura	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Equipo de corte	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Grúa móvil	hora	1.00	25.00	0.074	1.85
					2.07
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero estructural A36	kg	1.00	1.75		1.75
Pintura anticorrosiva	gln	0.010	24.34		0.24
Suelda 60-11	kg	0.05	4.30		0.22
Gas butano	kg	0.01	1.00		0.01
Oxígeno	m3	0.003	25.40		0.08
					2.29
Costo directo total					5.55
Costos indirectos (25%)					1.39
PRECIO UNITARIO TOTAL					6.94

Rubro:	Placa base para columnas				
Unidad:	unidad				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Soldador (C1)		1.00	4.29	0.074	0.32
Peón (E2)		2.00	3.83	0.074	0.57
					0.88
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor	%M.O.	0.05			0.04
					0.04
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Platina de acero laminado A36	kg	7.86	1.25		9.83
Acero en barras corrugadas, diámetro 12m	kg	1.70	1.30		2.21
Juego de arandelas, tuerca y contratuerca para perno de anclaje de 12mm de diámetro	Unidad	4.00	1.25		5.00
Mortero autonivelante expansivo	kg	3.75	0.94		3.53
Imprimación de secado rápido	l	0.294	6.24		1.83
					22.39
Costo directo total					23.22
Costos indirectos (25%)					5.81
PRECIO UNITARIO TOTAL					29.03

- Categoría: Cubierta

Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente mayor que 10%				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro de obra (C1)		1.00	4.09	0.167	0.68
Peón (E2)		2.00	3.83	0.167	1.28
					1.96
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Panel de acero galvalume de espesor 0.7mm	m2	1.10	8.78		9.66
Tornillo autoroscante de 6.5x70mm de acero inoxidable, con arandela	Unidad	3.000	0.04		0.12
					10.16
Costo directo total					12.22
Costos indirectos (25%)					3.06
PRECIO UNITARIO TOTAL					15.28

Rubro:	Canal visto de piezas preformadas				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Canal circular de PVC, incluye piezas de conexión y soporte	ml	1.10	6.38		7.02
					7.02
Costo directo total					9.05
Costos indirectos (25%)					2.26
PRECIO UNITARIO TOTAL					11.31

Rubro:	Bajante en el exterior para aguas pluviales				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubo PVC diámetro 110mm y espesor 3mm, precio incrementado 40% en concepto de accesorios y piezas especiales	ml	1.00	3.85		3.85
Adhesivo para PVC	l	0.016	23.49		0.38
Material auxiliar para montaje y sujeción	Unidad	1.00	1.88		1.88
					6.11
Costo directo total					8.14
Costos indirectos (25%)					2.03
PRECIO UNITARIO TOTAL					10.17

NAVE INDUSTRIAL TIPO III

- Categoría: Obras preliminares

Rubro:	Replanteo y nivelación de áreas				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Topógrafo (C1)		1.00	4.29	0.075	0.32
Cadenero (D2)		1.00	3.87	0.075	0.29
					0.61
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Hora	Rendim.	Total
Equipo de topografía	hora	1.00	6.25	0.075	0.47
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.04
					0.45
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.06
Costos indirectos (25%)					0.27
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.33

- Categoría: Cimentación

Rubro:	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 metros				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3	3.83	0.91	10.46
					10.46
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.52
					0.52
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					10.98
Costos indirectos (25%)					2.74
PRECIO UNITARIO TOTAL					13.72

Rubro:	Cargado de material a máquina				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador cargadora frontal (C1 grupo 1)		1	4.09	0.910	3.72
					3.72
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Cargadora	hora	1.00	26.00	0.910	23.66
					23.66
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					27.38
Costos indirectos (25%)					6.85
PRECIO UNITARIO TOTAL					34.23

Rubro:	Transporte de residuos inertes con camión				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer volqueta (C1)		1.00	5.62	0.039	0.22
					0.22
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Volqueta 8m3	hora	1.00	26.00	0.039	1.01
					0.98
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					0.00
Costo directo total					1.20
Costos indirectos (25%)					0.30
PRECIO UNITARIO TOTAL					1.50

Rubro:	Replanto de hormigón pobre				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		2.00	3.83	2.58	19.76
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					29.75
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concreteira 1 saco	hora	1.00	3.75	2.580	9.68
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.49
					11.16
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.20	3.20		0.64
Arena	m3	0.50	16.00		8.00
Cemento	saco	7.00	8.00		56.00
Grava	m3	0.69	16.00		11.04
					75.68
Costo directo total					116.59
Costos indirectos (25%)					29.15
PRECIO UNITARIO TOTAL					145.74

Rubro:	Acero de refuerzo (incluye corte y doblado)				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Fierrero (D2)		1.00	3.87	0.0125	0.05
Peón (E2)		1.00	3.83	0.0125	0.05
					0.10
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.00
					0.00
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero de refuerzo fc=4200kg/cm2	kg	1.02	1.18		1.20
Alambre de amarre	kg	0.70	1.14		0.80
					2.00
Costo directo total					2.10
Costos indirectos (25%)					0.52
PRECIO UNITARIO TOTAL					2.62

Rubro:	Hormigón simple f'c=210kg/cm2				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón (E2)		3.00	3.83	2.58	29.64
Albañil (D2)		1.00	3.87	2.58	9.98
					39.63
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera 1 saco	hora	1.00	3.75	1.200	4.50
Vibrador	hora	1.00	2.50	1.200	3.00
Equipo menor	%M.O.	0.05			1.98
					9.48
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.16	3.20		0.51
Arena	m3	0.53	16.00		8.48
Cemento	saco	6.20	8.00		49.60
Grava	m3	0.87	16.00		13.92
Encofrado de madera	m2	1.00	9.64		9.64
					82.15
Costo directo total					131.26
Costos indirectos (25%)					32.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					164.08

Rubro:	Relleno compactado con material de reposición				
Unidad:	m3				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro mayor		1	4.29	0.19	0.82
Peón (E2)		4	3.83	0.19	2.91
					3.73
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibroapisonador	hora	1.00	3.00	0.190	0.57
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.19
					0.76
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Material de reposición	m3	1.00	14.78		14.78
					14.78
Costo directo total					19.26
Costos indirectos (25%)					4.82
PRECIO UNITARIO TOTAL					24.08

- Categoría: Estructura metálica

Rubro:	Acero estructural				
Unidad:	kg				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Soldador (C1)		1.00	4.29	0.074	0.32
Peón (E2)		2.00	3.83	0.074	0.57
Perfilero (C2)		1.00	4.09	0.074	0.30
					1.19
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de soldadura	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Equipo de corte	hora	1.00	1.50	0.074	0.11
Grúa móvil	hora	1.00	25.00	0.074	1.85
					2.07
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Acero estructural A36	kg	1.00	1.75		1.75
Pintura anticorrosiva	gln	0.010	24.34		0.24
Suelda 60-11	kg	0.05	4.30		0.22
Gas butano	kg	0.01	1.00		0.01
Oxígeno	m3	0.003	25.40		0.08
					2.29
Costo directo total					5.55
Costos indirectos (25%)					1.39
PRECIO UNITARIO TOTAL					6.94

Rubro:	Placa base para columnas				
Unidad:	unidad				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Soldador (C1)		1.00	4.29	0.074	0.32
Peón (E2)		2.00	3.83	0.074	0.57
					0.88
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor	%M.O.	0.05			0.04
					0.04
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Platina de acero laminado A36	kg	7.86	1.25		9.83
Acero en barras corrugadas, diámetro 12m	kg	1.70	1.30		2.21
Juego de arandelas, tuerca y contratuerca para perno de anclaje de 12mm de diámetro	Unidad	4.00	1.25		5.00
Mortero autonivelante expansivo	kg	3.75	0.94		3.53
Imprimación de secado rápido	l	0.294	6.24		1.83
					22.39
Costo directo total					23.22
Costos indirectos (25%)					5.81
PRECIO UNITARIO TOTAL					29.03

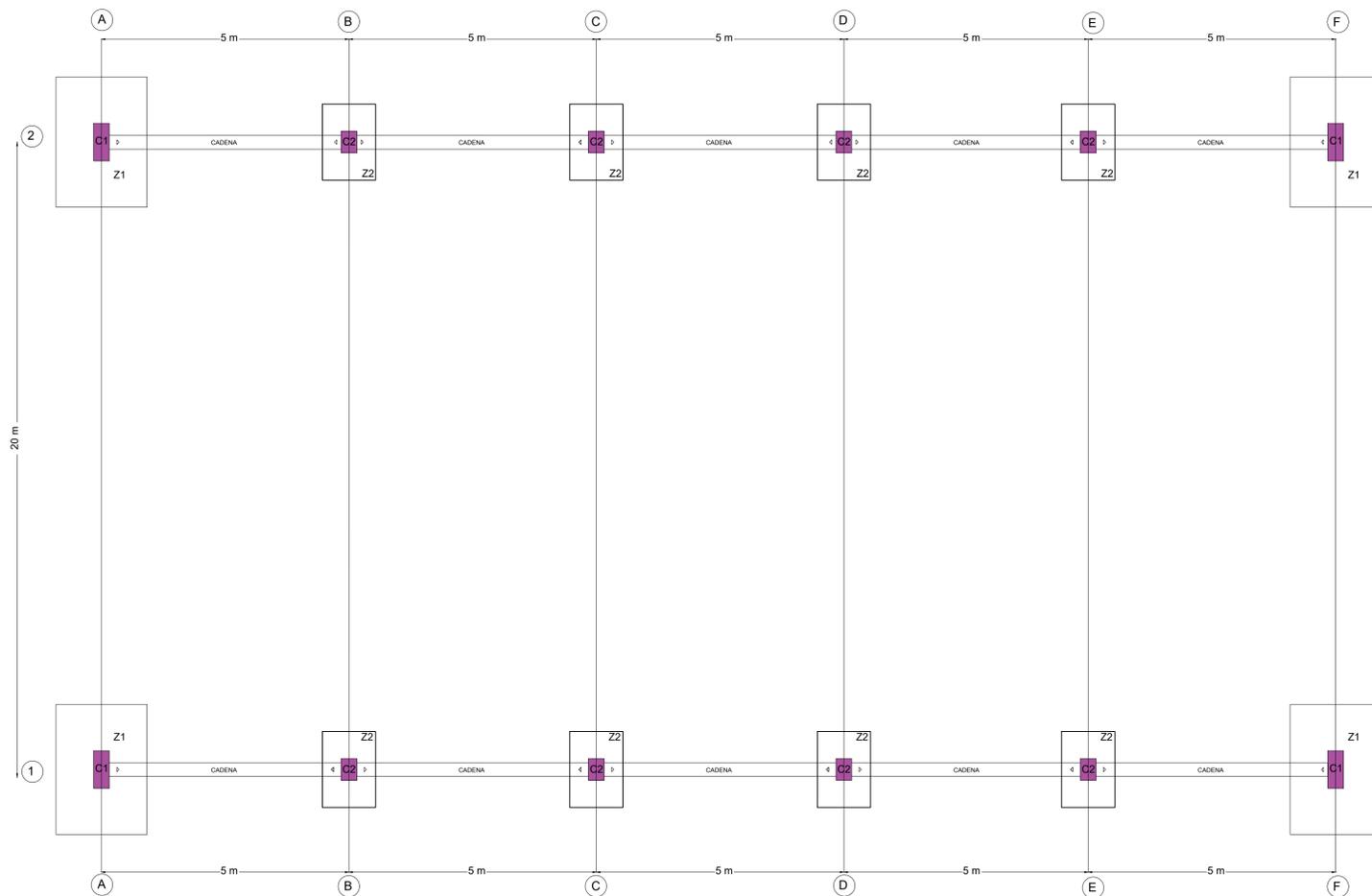
- Categoría: Cubierta

Rubro:	Cubierta inclinada de lámina perfilada de acero con pendiente mayor que 10%				
Unidad:	m2				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Maestro de obra (C1)		1.00	4.09	0.167	0.68
Peón (E2)		2.00	3.83	0.167	1.28
					1.96
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Panel de acero galvalume de espesor 0.7mm	m2	1.10	8.78		9.66
Tornillo autoroscante de 6.5x70mm de acero inoxidable, con arandela	Unidad	3.000	0.04		0.12
					10.16
Costo directo total					12.22
Costos indirectos (25%)					3.06
PRECIO UNITARIO TOTAL					15.28

Rubro:	Canal visto de piezas preformadas				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Canal circular de PVC, incluye piezas de conexión y soporte	ml	1.10	6.38		7.02
					7.02
Costo directo total					9.05
Costos indirectos (25%)					2.26
PRECIO UNITARIO TOTAL					11.31

Rubro:	Bajante en el exterior para aguas pluviales				
Unidad:	ml				
Mano de obra					
Descripción		Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero (D2)		1.00	3.87	0.251	0.97
Ayudante (E2)		1.00	3.83	0.251	0.96
					1.93
Equipo y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor	%M.O.	0.05			0.10
					0.10
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubo PVC diámetro 110mm y espesor 3mm, precio incrementado 40% en concepto de accesorios y piezas especiales	ml	1.00	3.85		3.85
Adhesivo para PVC	l	0.016	23.49		0.38
Material auxiliar para montaje y sujeción	Unidad	1.00	1.88		1.88
					6.11
Costo directo total					8.14
Costos indirectos (25%)					2.03
PRECIO UNITARIO TOTAL					10.17

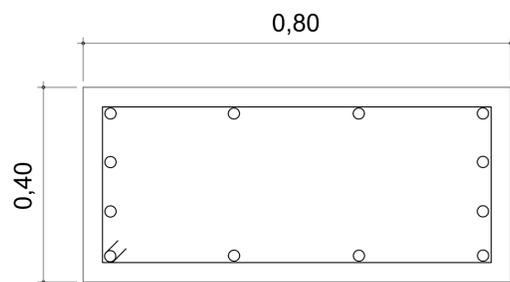
PLANTA DE CIMENTACIÓN
Escala 1:100



COLUMNAS
Escala 1:10

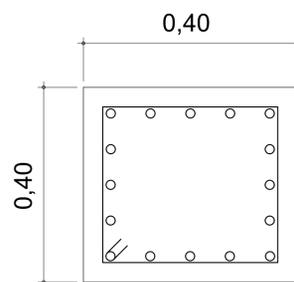
C1

○ 12Ø20mm Mc 109
ESTRIBO: Mc 110
1 Ø10mm c/ 10 cm

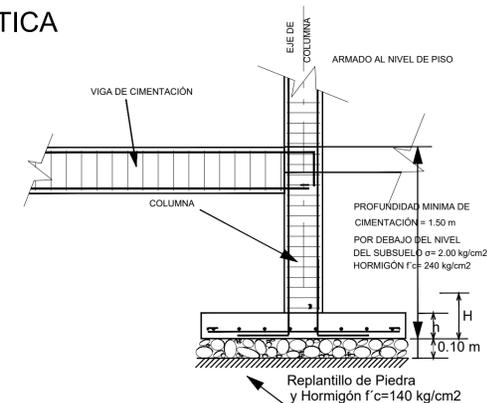
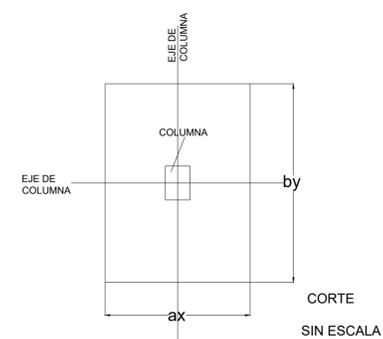


C2

○ 16 Ø14mm Mc 111
ESTRIBO: Mc 112
1 Ø10mm c/ 10 cm



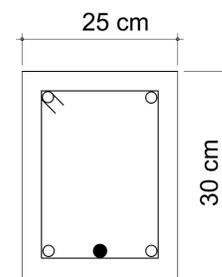
DETALLE DE ZAPATA CARACTERÍSTICA



ZAPATA TIPO	NÚMERO DE ZAPATAS	ax (cm)	by (cm)	H (cm)	ARMADURA EN X	ARMADURA EN Y
Z1	4	160	240	30	7 φ14mm Mc 96	9 φ14mm Mc 97
Z2	8	100	100	30	5 φ14mm Mc 98	5 φ14mm Mc 99

CADENA
Escala 1:10

- 4Ø12mm Mc 100
- 1Ø14mm Mc 101
- ESTRIBO: Mc 102
- 1 Ø10mm c/13 cm



PLANILLA DE HIERROS

Mc	φ (mm)	Tipo	Dimensiones (cm)		Ganchos	Cantidad	Longitud parcial (m)	Longitud Total (m)
			a	b				
ZAPATAS								
ZAPATAS Z1								
96	14	I	230		2X10	28	2.5	70
97	14	I	150		2X10	36	1.7	61.2
ZAPATAS Z2								
98	14	I	90		2X10	40	1.1	44
99	14	I	90		2X10	40	1.1	44
CADENAS								
100	12	C	500	15		10	5.3	53
101	14	C	500	15		10	5.3	53
102	10	O	17	22	2X5	39	0.49	19.11

PLANILLA DE HIERROS

MC	φ (mm)	Tipo	Dimensiones (cm)		Ganchos	Cantidad	Longitud parcial (m)	Longitud Total (m)
			a	b				
COLUMNAS								
C1								
109	20	C	300	15		48	3.15	151.2
110	10	O	72	32	2X10	120	2.28	273.6
C2								
109	20	C	400	15		48	4.15	199.2
110	10	O	72	32	2X10	160	2.28	364.8
C2								
111	14	C	300	15		320	3.15	1008
112	10	O	32	32	2X10	600	1.48	888
C2								
111	14	C	400	15		320	3.15	1008
112	10	O	32	32	2X10	800	1.48	1184

PLANILLA DE MATERIALES (PLACAS)

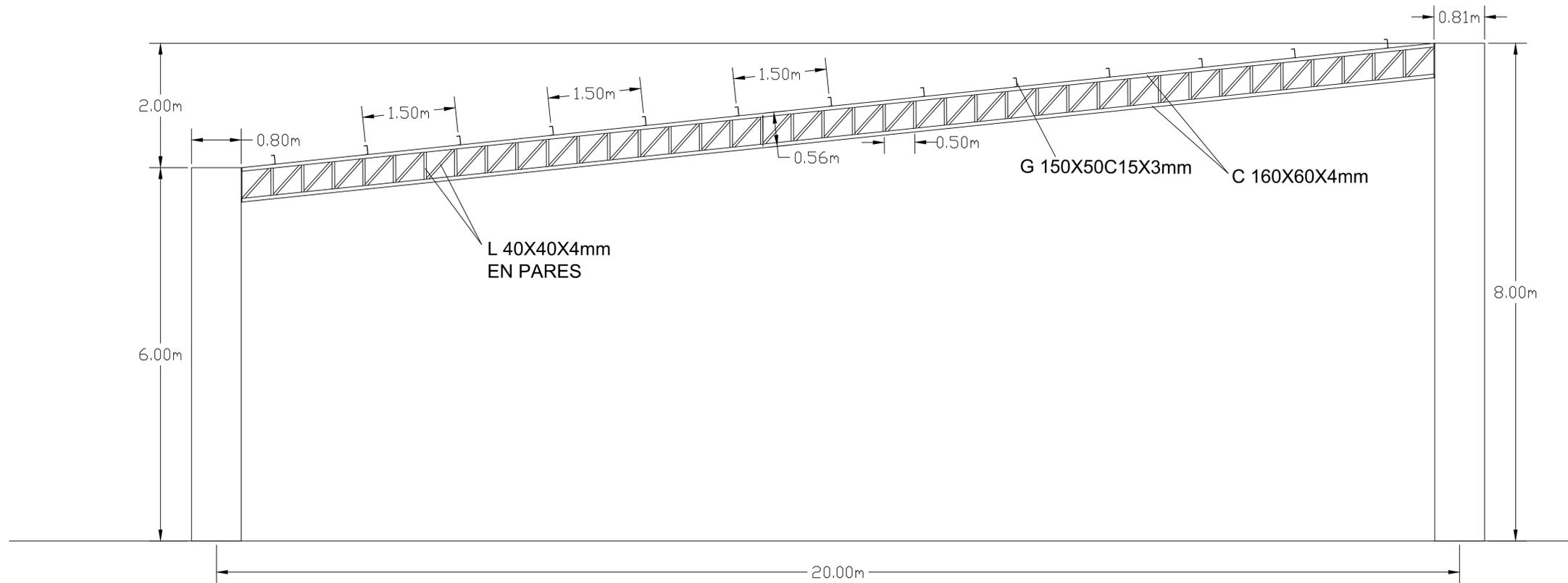
PLACAS COLUMNAS CERCHA TIPO	DIMENSIONES (mm)	ESPESOR (mm)	# TOTAL DE PLACAS	PESO TOTAL (kg)
	250 X 600	12	12	169,56

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE TIPO I

ESCALA: INDICADAS	DISEÑO: JOSUÉ FACIAN- ANDY TOLEDO
	DEBIDO: JOSUÉ FACIAN- ANDY TOLEDO
CONTENIDO: - DETALLE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO ZAPATA Y VIGA DE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO COLUMNA	
AGOSTO 2022	LAMINA: 1

VISTA FRONTAL NAVE TIPO I



PLANILLA DE MATERIALES

CORDON SUPERIOR E INFERIOR "U"

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	160	60		4	8,38	245,85	2059,77

VERTICALES Y DIAGONALES "L"

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	40	40		4	2,31	610,29	1409,76

CORREAS

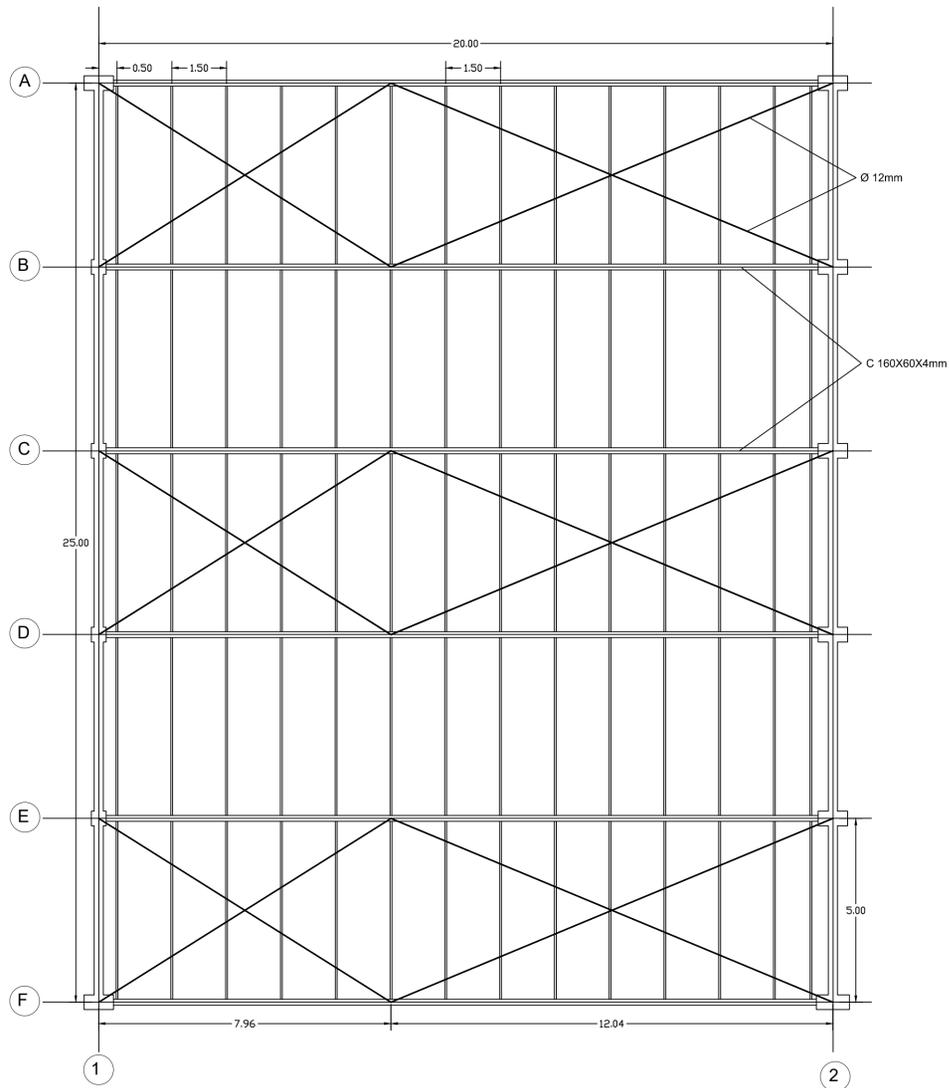
B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	150	50		3	5,66	355,61	2010,93

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO I

ESCALA: INDICADAS	
	Dis: Josué Faicán - Andy Toledo Dib: Josué Faicán - Andy Toledo
CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO I	
	FECHA: AGOSTO 2022
	LAMINA: 2

VISTA EN PLANTA DE NAVE TIPO I



PLANILLA DE MATERIALES

TENSORES

Ø (mm)	PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
12	0.888	281.87	250.30

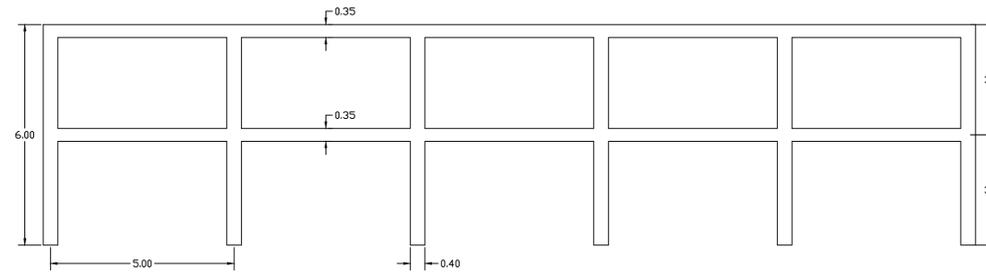
PLANILLA DE MATERIALES (PLACAS)

PLACAS COLUMNAS CERCA TIPO	DIMENSIONES (mm)	ESPESOR (mm)	# TOTAL DE PLACAS	PESO TOTAL (kg)
	450 X 850	12	12	432.38

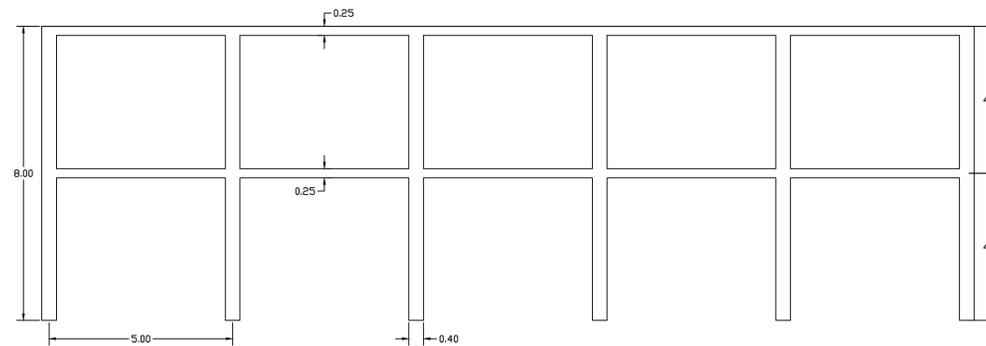
NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

VISTA LATERAL EJE 1



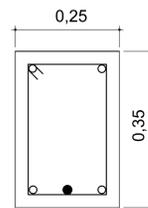
VISTA LATERAL EJE 2



VIGAS DE ARRIOSTRE

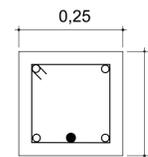
V1

- 4Ø12mm Mc 103
- 1Ø14mm Mc 104
- ESTRIBO: Mc 105
- 1 Ø10mm c/10 cm



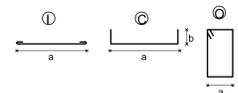
V2

- 4Ø12mm Mc 106
- 1Ø14mm Mc 107
- ESTRIBO: Mc 108
- 1 Ø10mm c/10 cm



MC	φ (mm)	Tipo	Dimensiones (cm)		Ganchos	Cantidad	Longitud parcial (m)	Longitud Total (m)
			a	b				
VIGAS ARRIOSTRE								
V1								
103	14	C	500	15		20	5.15	103
104	12	C	500	15		80	5.15	412
105	10	O	22	37	2X8	49	1.04	50.96
V2								
106	14	C	500	15		20	5.15	103
107	12	C	500	15		80	5.15	412
108	10	O	17	17	2X8	49	0.84	41.16

TIPOS DE HIERROS



RESUMEN DE HORMIGON

HORMIGON 240 kg/cm2	3,75 m3
VIGAS COLUMNAS	23,04 m3
TOTAL	26,79 m3

RESUMEN DE HIERROS

DESCRIPCION	PESO TOTAL (kg)
CANAL 160X60X4	2059.77
PERFIL L (40X40X4)X2	1409.76
CORREA 150X50X3	2010.93
VARILLA	250.3
10mm	999.12044
12mm	365.856
14mm	611.4896
20mm	1846.5408
TOTAL	9553.76684

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO I

ESCALA: INDICADAS

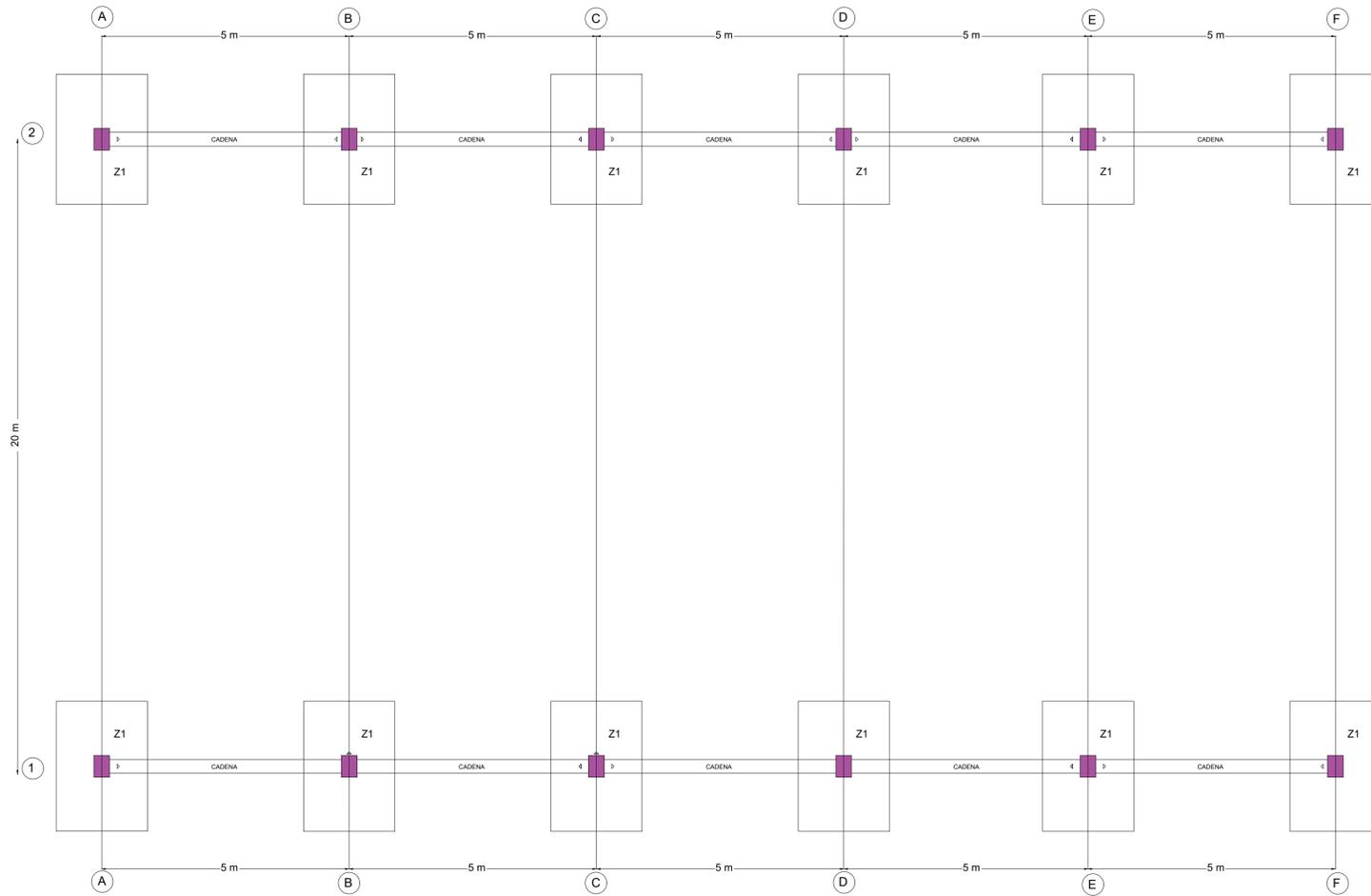
Dis: Josué Faicán - Andy Toledo
Dib: Josué Faicán - Andy Toledo

CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO I

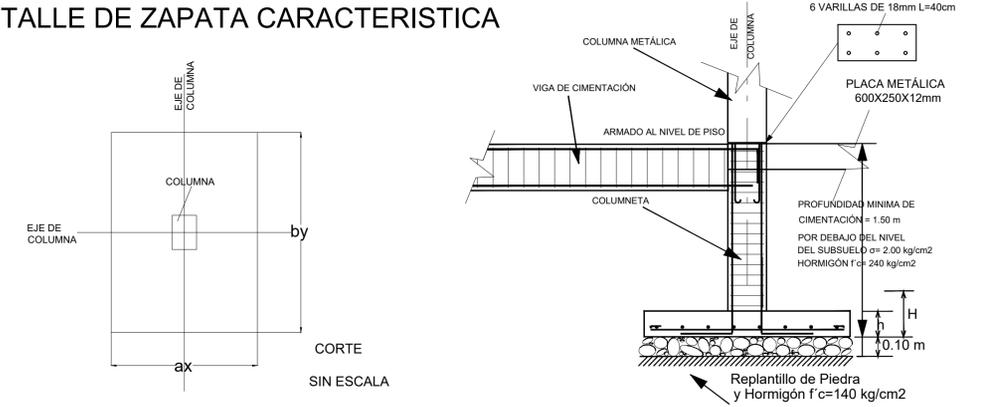
FECHA: AGOSTO 2022

LAMINA

PLANTA DE CIMENTACIÓN Escala 1:100



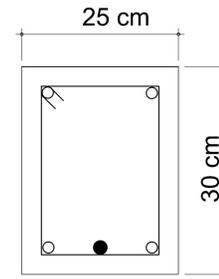
DETALLE DE ZAPATA CARACTERÍSTICA



ZAPATA TIPO	NÚMERO DE ZAPATAS	ax (cm)	by (cm)	H (cm)	ARMADURA EN X	ARMADURA EN Y
Z1	12	100	140	30	6 φ14mm Mc 98	8 φ14mm Mc 99

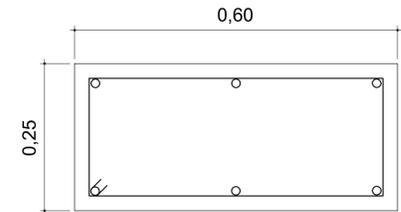
CADENA Escala 1:10

- 4Ø12mm Mc 100
- 1Ø14mm Mc 101
- ESTRIBO: Mc 102
- 1 Ø10mm c/13 cm



COLUMNETA Escala 1:10

- 6Ø18mm Mc 103
- ESTRIBO: Mc 104
- 1 Ø10mm c/ 10 cm



PLANILLA DE MATERIALES (PLACAS)

PLACAS COLUMNAS CERCHA TIPO	DIMENSIONES (mm)	ESPESOR (mm)	# TOTAL DE PLACAS	PESO TOTAL (kg)
	600 X 250	12	12	169,56

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

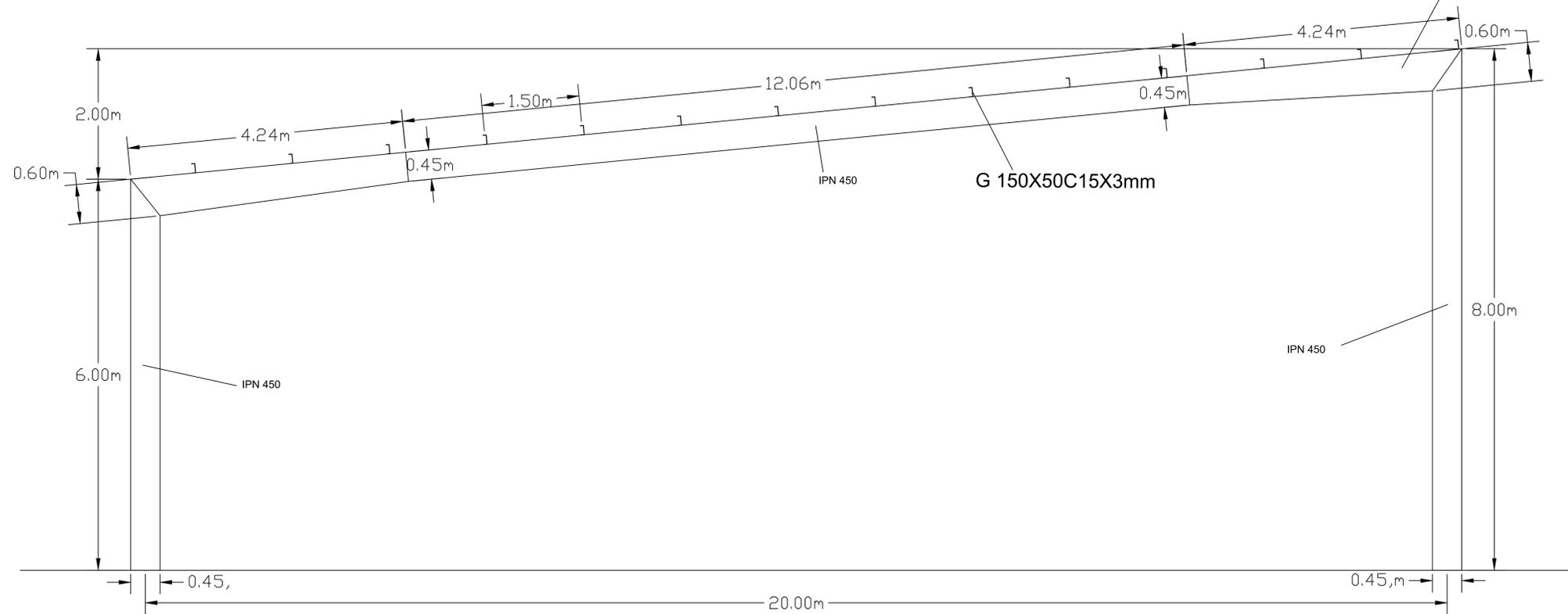
PLANILLA DE HIERROS

Mc	φ (mm)	Tipo	Dimensiones (cm)		Ganchos	Cantidad	Longitud parcial (m)	Longitud Total (m)
			a	b				
98	14	I	140		2X10	72	1.6	115.2
99	14	I	100		2X10	96	1.2	115.2
CADENAS								
100	12	C	500	15		10	5.3	53
101	14	C	500	15		10	5.3	53
102	10	O	17	22	2X5	39	0.49	19.11
COLUMNETAS								
103	18	C	150	15		72	1.65	118.8
104	10	O	17	42	2X5	14	0.69	9.66

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE TIPO II

ESCALA: INDICADAS	DISEÑO: JOSÉ FACIAN-ANDY TOLEDO
	REVISÓ: JOSÉ FACIAN-ANDY TOLEDO
CONTENIDO:	AGOSTO 2022
- DETALLE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO ZAPATA Y VIGA DE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO COLUMNA	LAMINA: 1

VISTA FRONTAL NAVE TIPO II



PLANILLA DE MATERIALES

PERFILES I

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	eA	eB			
A	450	190	10	16	80,55	184,48	14857,91
	240	120	6,2	9,8	29,19	50,001	1459,33

CORREAS

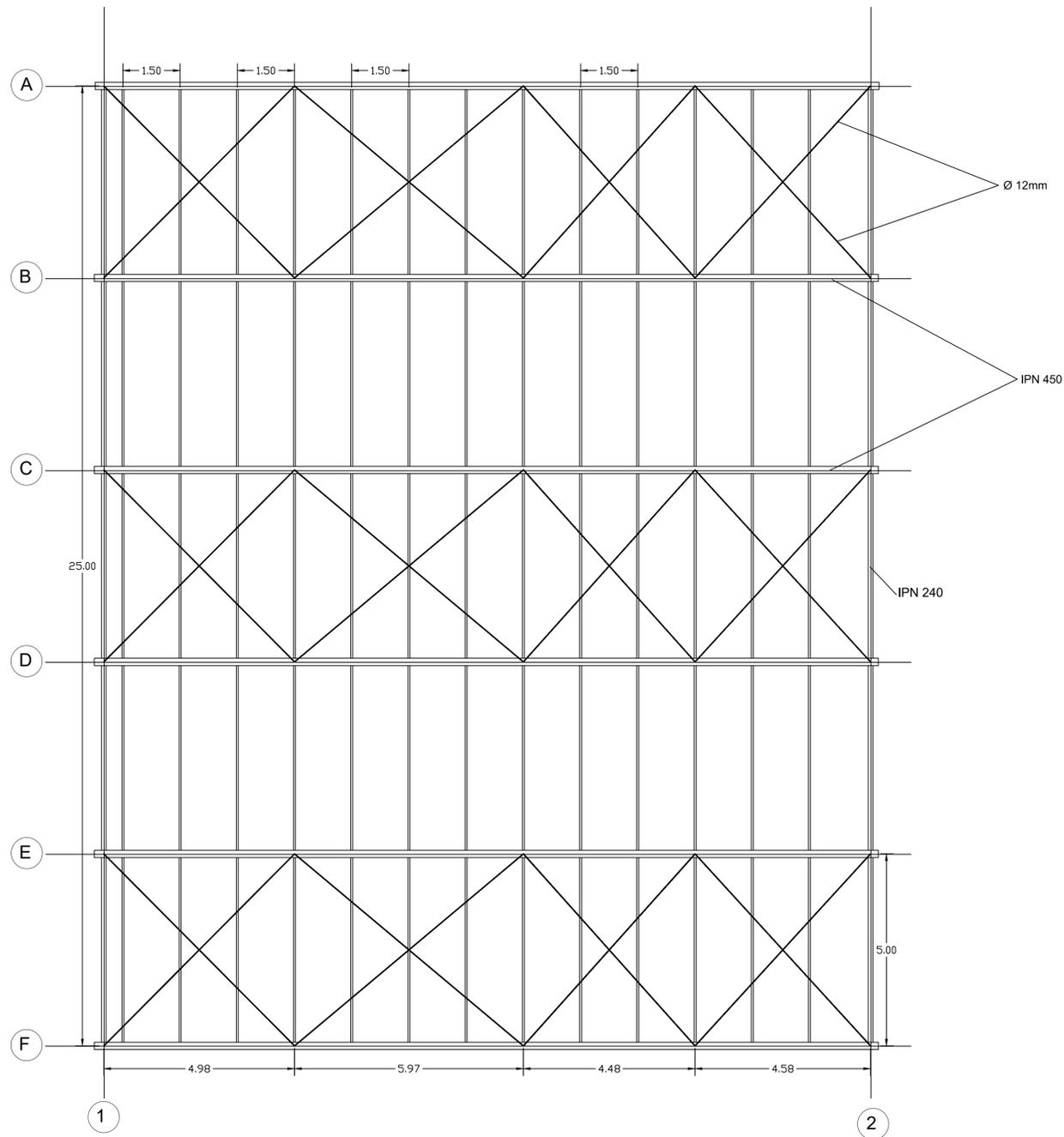
B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	150	50		3	5,66	330,21	1867,29

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

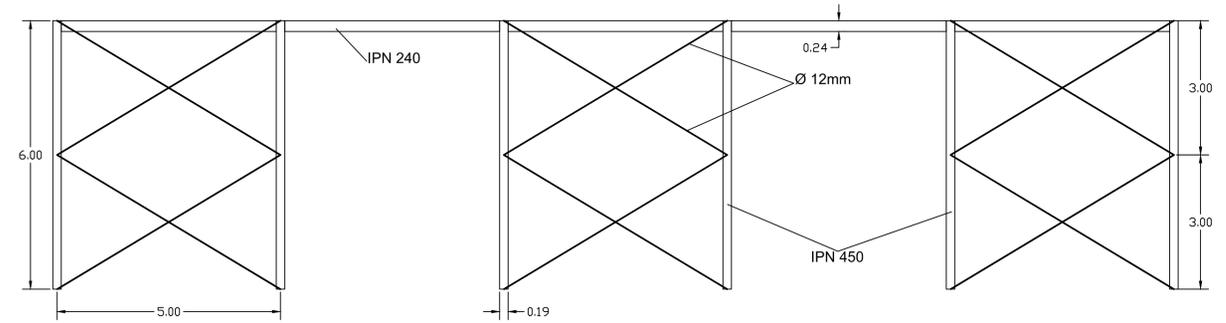
DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO II

ESCALA: INDICADAS	Dis: Josué Faicán - Andy Toledo Dib: Josué Faicán - Andy Toledo
CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO II	FECHA: AGOSTO 2022
	LAMINA: 2

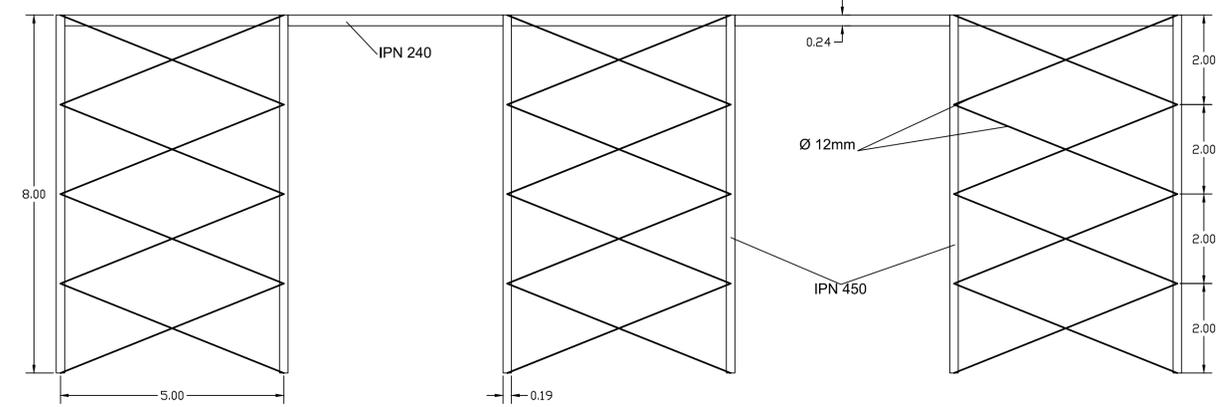
VISTA EN PLANTA DE NAVE TIPO II



VISTA LATERAL EJE 1



VISTA LATERAL EJE 2



PLANILLA DE MATERIALES

TENSORES

Ø (mm)	PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
12	0.888	369.91	328.12

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

PLANILLA DE MATERIALES (PLACAS)

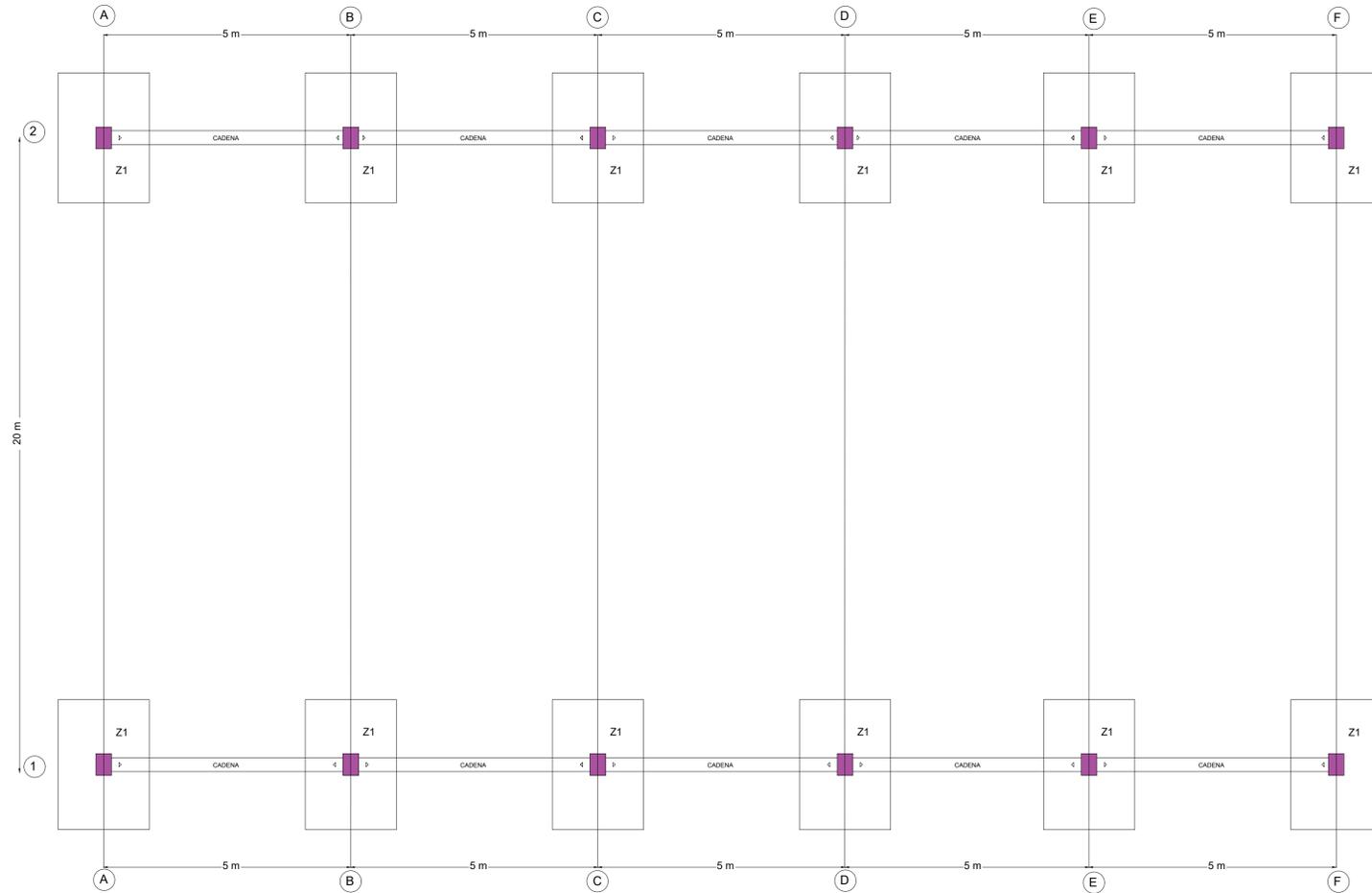
PLACAS COLONIALES CUBICA TIPO	DIMENSIONES (mm)	ESPESOR (mm)	# TOTAL DE PLACAS	PESO TOTAL (kg)
□	250 X 550	12	12	155.43

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO II

ESCALA: INDICADAS	
Dis: Josué Faicán - Andy Toledo	
Dib: Josué Faicán - Andy Toledo	
<p>CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO II</p>	
FECHA: AGOSTO 2022	
LAMINA: 3	

PLANTA DE CIMENTACIÓN Escala 1:100

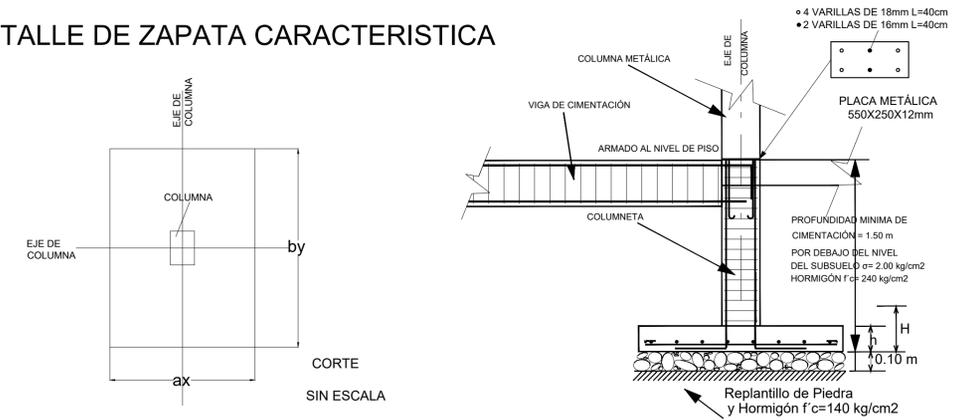


PLANILLA DE MATERIALES (PLACAS)

PLACAS COLUMINAS CERCHA TIPO	DIMENSIONES (mm)	ESPESOR (mm)	# TOTAL DE PLACAS	PESO TOTAL (kg)
	550 X 250	12	12	169,56

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

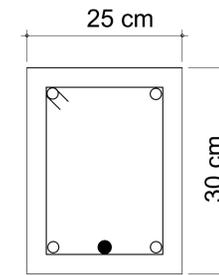
DETALLE DE ZAPATA CARACTERISTICA



ZAPATA TIPO	NÚMERO DE ZAPATAS	ax (cm)	by (cm)	H (cm)	ARMADURA EN X	ARMADURA EN Y
Z1	12	100	140	30	6 φ14mm Mc 98	8 φ14mm Mc 99

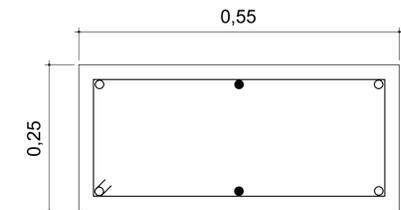
CADENA Escala 1:10

- 4Ø12mm Mc 100
- 1Ø14mm Mc 101
- ESTRIBO: Mc 102
- 1 Ø10mm c/13 cm



COLUMNETA Escala 1:10

- 4Ø18mm Mc 103
- 2Ø16mm Mc 104
- ESTRIBO: Mc 105
- 1 Ø10mm c/ 10 cm

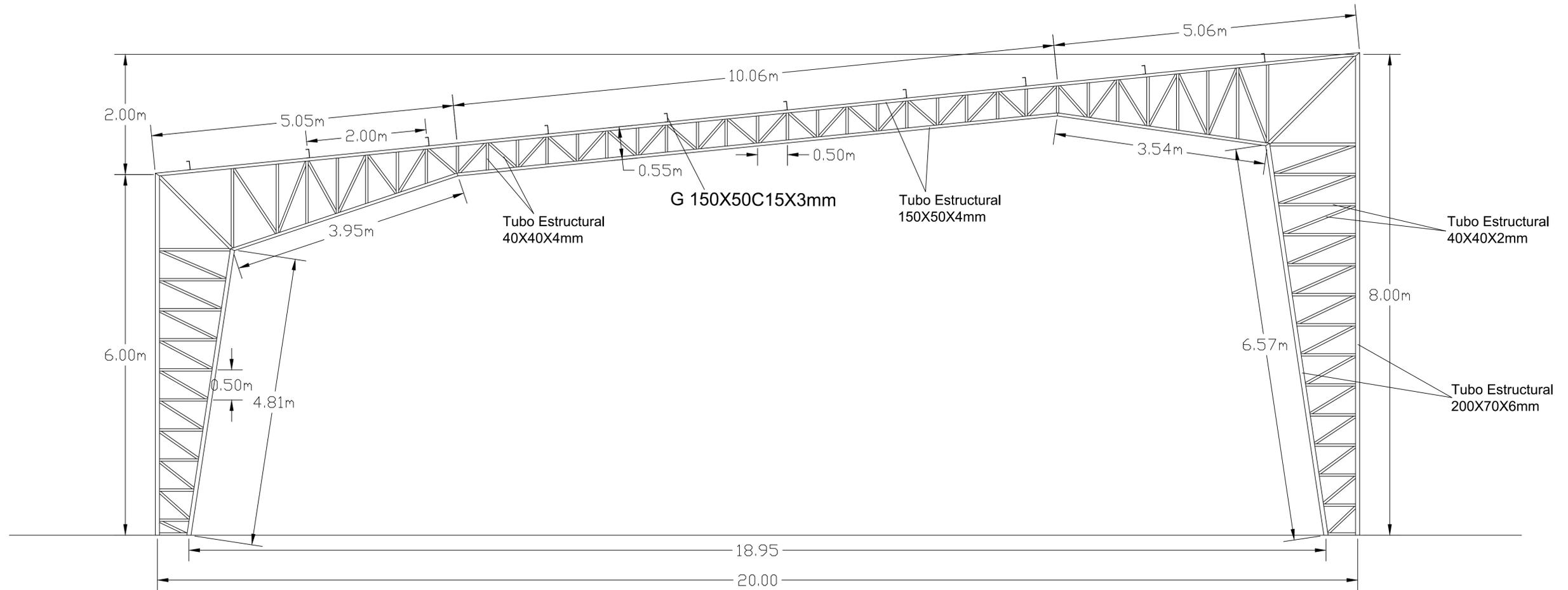


PLANILLA DE HIERROS

Mc	φ (mm)	Tipo	Dimensiones (cm)		Ganchos	Cantidad	Longitud parcial (m)	Longitud Total (m)
			a	b				
ZAPATAS Z1								
98	14	I	140		2X10	72	1,6	115,2
99	14	I	100		2X10	96	1,2	115,2
CADENAS								
100	12	C	500	15		10	5,3	53
101	14	C	500	15		10	5,3	53
102	10	O	17	22	2X5	39	0,49	19,11
COLUMNETAS								
103	18	C	150	15		48	1,65	79,2
104	16	O	150	15		24	1,75	42
105	10	O	17	42	2X5	14	0,69	9,66

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE TIPO II	
ESCALA:	INDICADAS
DISEÑO:	JOSÉ FACIAN- ANDY TOLEDO
DEBIDO:	JOSÉ FACIAN- ANDY TOLEDO
CONTENIDO:	- DETALLE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO ZAPATA Y VIGA DE CIMENTACIÓN - ELEMENTO TIPO COLUMNA
AGOSTO 2022	LAMINA: 1

VISTA FRONTAL NAVE TIPO III



PLANILLA DE MATERIALES

CORDON SUPERIOR E INFERIOR

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	200	70		6	23,58	160,88	3793,53
	150	50		4	11,73	273,67	3210,1
	90	50		3	3,16	199,71	631,06

VERTICALES Y DIAGONALES

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	40	40		4	4,2	327,22	1374,31
	40	40		2	2,31	391,84	905,16

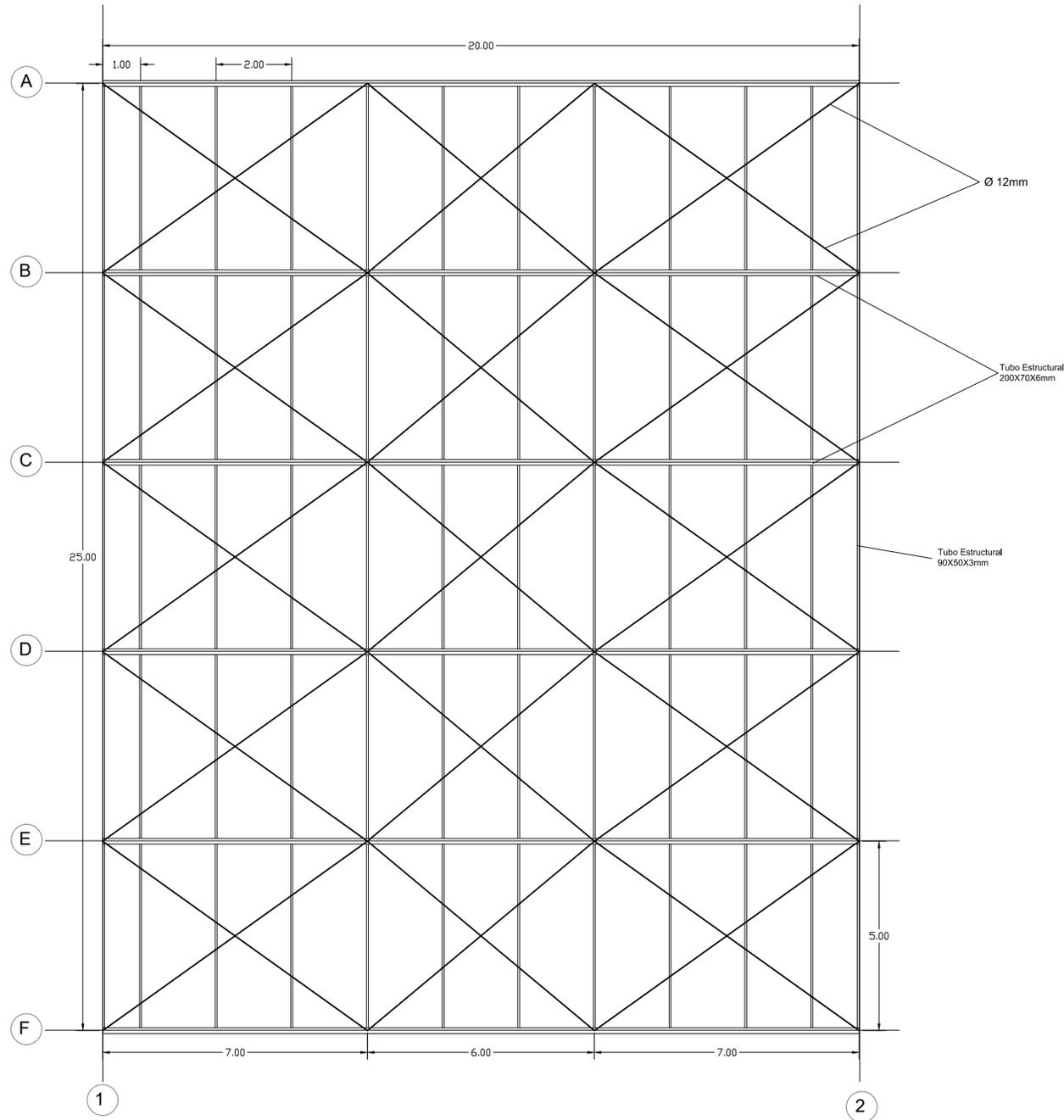
CORREAS

B	MATERIAL (mm)				PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
	A	B	C	e			
A	125	50		3	5,067	254,45	1289,21

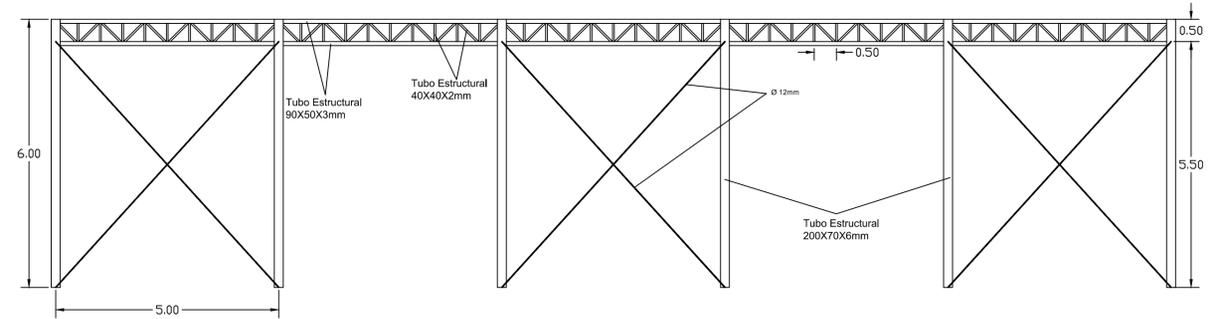
NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm²

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO III	
ESCALA: INDICADAS	
	Dis: Josué Faicán - Andy Toledo Dib: Josué Faicán - Andy Toledo
CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO III	
	FECHA: AGOSTO 2022
	LAMINA: 2

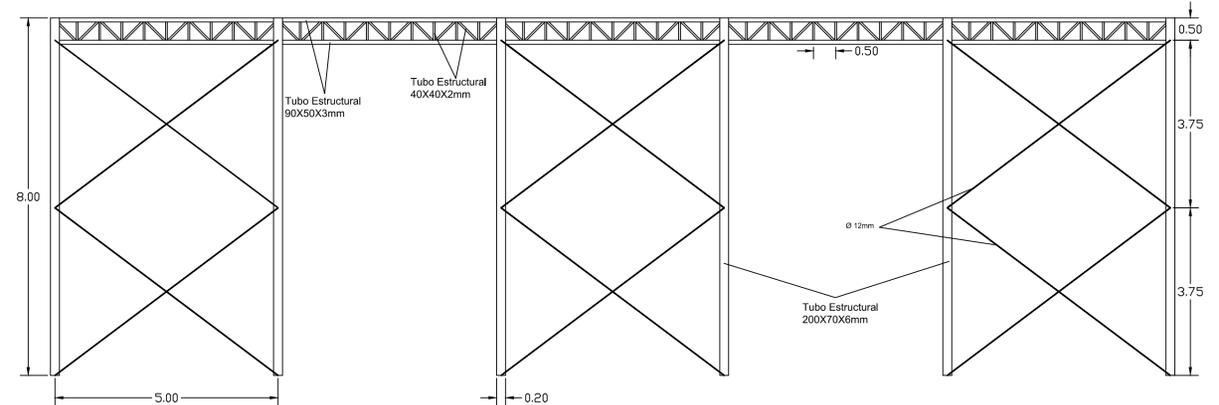
VISTA EN PLANTA DE NAVE TIPO III



VISTA LATERAL EJE 1



VISTA LATERAL EJE 2



PLANILLA DE MATERIALES

TENSORES

Ø (mm)	PESO (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO TOTAL (kg)
12	0,888	370,43	328,94

NOTA: LA PLANILLA DE MATERIALES NO INCLUYE DESPERDICIOS
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 fy 2536 kg/cm2

DISEÑO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO III

ESCALA: INDICADAS

Dis: Josué Faicán - Andy Toledo
Dib: Josué Faicán - Andy Toledo

CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL NAVE INDUSTRIAL TIPO III

FECHA:
AGOSTO 2022

LAMINA:
3