

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TOMO I

**“DISEÑO ESTRUCTURAL TORRE DE CONTROL EN EL AEROPUERTO DE
VILLA MONTES-RAFAEL PAVON”**

(MUNICIPIO DE VILLA MONTES – TARIJA)

ELABORADO POR:

MADELENS PEREIRA

I SEMESTRE 2021

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO ESTRUCTURAL TORRE DE CONTROL EN EL AEROPUERTO DE
VILLA MONTES-RAFAEL PAVON”**

(MUNICIPIO DE VILLA MONTES – TARIJA)

ELABORADO POR:

MADELENS PEREIRA

ASIGNATURA:

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II CIV – 502 MENCIÓN ESTRUCTURAS

I SEMESTRE 2021

TARIJA – BOLIVIA

HOJA DE AUTORÍA

Las ideas expuestas en el contenido del presente trabajo, así como los resultados y conclusiones son de exclusiva responsabilidad del autor.

Madelens Pereira

DEDICATORIA

A mi madre Eva María Pereira, por su apoyo, por su amor incondicional y paciencia para conmigo, por sus palabras de ánimo que siempre estuvieron presente hasta concluir esta etapa de mi vida.

A mi padre Nemecio Claros, por su ayuda incondicional y que gracias a su trabajo y sacrificio, he logrado llegar hasta aquí.

A mi abuelito papá Mario, por creer en mí, por sus oraciones que siempre elevó a los cielos y tengo la certeza que aún no cesa de orar por mí.

A mis hermanos Guery, Josué, Gabriela, Ruth y Cristian, por estar siempre presentes en mi vida.

A Carla y mis hermosos sobrinos Gael y Josias por traer siempre alegría a nuestro hogar.

A toda mi familia por confiar en mí, a mi abuelita, tíos y primos por permitirme ser parte de su orgullo.

Y sobre todo a mi Hacedor, Mi Dios, por sus bendiciones por darme la vida y el mayor regalo su Salvación..

Madelens Pereira

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque de Él viene el conocimiento y la inteligencia.

A mis padres por el amor que me brindan, sus desvelos, sus sacrificios, por sus sabios consejos que encaminaron mi vida por el buen sendero.

A la Universidad Juan Misael Saracho, por abrirme las puertas y cobijarme hasta la culminación de mis estudios.

¡Muchas Gracias!

*Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene
el conocimiento y la inteligencia.*

Proverbios 2:6

INDICE

HOJA DE AUTORIA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
PENSAMIENTO	
RESUMEN DEL PROYECTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE GRAFICOS	
INDICE DE ANEXOS	

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I: FUNDAMENTO DEL PROYECTO	1
1.1. Nombre del proyecto	1
1.2. Localización	1
1.3. Clasificación sectorial	2
1.4. Fase a la que postula	2
1.5. Entidad promotora y ejecutora	2
1.6. Servicios de la Torre de Control	2
1.7. El problema	3
1.8. Planteamiento	3
1.9. Formulación	4
1.10. Sistematización	5
1.11. Objetivos	5
1.11.1. Objetivo general	5
1.11.2. Objetivos específicos	5
1.12. Justificación	6
1.12.1. Justificación Académica	6

1.12.2. Justificación Técnica	6
1.13. Social	6
1.14. Alcance del proyecto	6
1.15. Restricciones del proyecto	7
1.16. Descripción de la estructura diseñada	7
1.17. Aporte académico	7
1.18. Descripción del área de emplazamiento	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Características de la zona	9
2.2. Localización	9
2.3. Espacial	9
2.4. Suelo	10
2.5. Topografía	10
2.6. Características del edificio	11
2.7. Aspectos conceptuales	12
2.7.1. Sismo	12
2.7.2. Medición	12
2.7.3. Espectro de respuesta	13
2.7.4. Información sísmica en Bolivia	14
2.7.5. Mapas de aceleraciones sísmicas en Bolivia	16
2.7.6. Clasificación de suelos de cimentación	17
2.7.7. Categorización de las edificaciones	17
2.7.8. Espectros sísmicos	18
2.7.9. Factor de comportamiento sísmico	19
2.7.10. Análisis modal	19
2.7.11. Procedimiento del análisis modal	19
2.7.12. Análisis Espectral	19
2.7.13. Análisis Estructural Sísmico Dinámico	20
2.7.14. Matriz masa	20
2.7.15. Diafragmas rígidos	21
2.7.16. Matriz de rigidez	21

2.7.17.	Diafragmas rígidos-----	21
2.7.18.	Efectos P-Delta (P- Δ) -----	22
2.7.19.	Matriz de amortiguamiento-----	22
2.7.20.	Método CQC -----	22
2.7.21.	Efectos direccionales -----	23
2.7.22.	Desplazamientos Finales-----	24
2.7.23.	Torsión Accidental-----	24
2.8.	Requisitos en elementos de Hormigo Armado para diseño Sismorresistente -----	25
2.8.1.	Resistencia de diseño-----	25
2.8.2.	Factores de carga-----	25
2.8.3.	Vigas (Guía boliviana de Diseño Sísmico)-----	26
2.8.4.	Disposición general del refuerzo longitudinal y empalmes -----	28
2.8.5.	Acero de refuerzo transversal -----	28
2.8.6.	Diseño por corte-----	30
2.8.7.	Columnas -----	31
2.8.8.	Requisitos para el refuerzo longitudinal -----	32
2.8.9.	Requisitos de separación de barras y combinación de estribos y ganchos -----	32
2.8.10.	Diseño de nodos-----	33
2.8.11.	Requisitos de confinamiento del Nodo -----	34
2.8.12.	Fuerza cortante resistente del Nodo (Vc)-----	34
2.8.13.	Muros de corte -----	34
2.8.14.	Losas Nervadas-----	35
2.8.15.	Cimentación : Zapatas aisladas -----	35
2.8.16.	Estéreo-Estructuras como elemento estructural-----	39
2.8.17.	Combinación de Cargas-----	41
2.8.18.	Factores de resistencia -----	42
2.8.19.	Propiedades estructurales -----	43
	CAPITULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO -----	44
3.1.	Datos del suelo de cimentación-----	44
3.2.	Descripción del Modelo Estructural -----	47
3.3.	Cálculos Cubierta Estéreo Estructura-----	50

3.3.1.	Determinación de cargas-----	50
3.3.2.	Carga de viento-----	50
3.3.3.	Cálculo de presiones-----	57
3.3.4.	Diseño de la Estéreo Estructura-----	63
3.3.5.	Considerando el diseño por flexión asimétrica -----	63
3.3.6.	Diseño de la placa base de anclaje-----	85
3.3.7.	Diseño de uniones soldadas -----	93
3.4.	Determinación de cargas: Estructura aporticada de Hormigón Armado -----	98
3.4.1.	Sobrecarga de uso (IBNORCA) -----	99
3.4.2.	Carga permanente-----	99
3.4.3.	Carga de muros de ladrillos -----	100
3.4.4.	Carga Sismorresistente-----	104
3.4.5.	Carga de viento-----	107
3.4.6.	Distribución de carga en la losa nervada -----	111
3.4.7.	Cargas en las escaleras -----	112
3.4.8.	Factores de carga-----	120
3.4.9.	Especificación de concreto y acero-----	121
3.4.10.	Análisis estructural para solicitaciones sísmicas -----	121
3.4.11.	Diseño Estructural -----	134
3.4.12.	Diseño de losa nervada-----	134
3.4.13.	Torsion accidental -----	142
3.4.14	Diseño de Vigas Sismorresistente (NBDS 10.2.2)-----	143
3.4.15.	Columna G1-G-----	154
3.4.16.	Diseño de Muro Estructural -----	166
3.4.17.	Diseño de Escaleras -----	174
3.4.18.	Diseño de Cimentación: Zapatas Aisladas -----	180
	CAPITULO IV: APORTE ACADEMICO -----	191
4.1.	Marco conceptual del Aporte -----	191
4.2.	Marco teórico del aporte-----	191
4.3.	Producto-aporte-----	191

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	192
5.1. Conclusiones -----	192
5.2. RECOMENDACIONES -----	194
BIBLIOGRAFIA -----	195

INDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1. Coordenadas Rafael Pavón -----	9
Tabla Nro. 2. Escala de Richter -----	13
Tabla Nro. 3. Historia Sísmica de Tarija-----	15
Tabla Nro. 4 Coeficiente de suelo (S)-----	17
Tabla Nro. 5. Factor de Importancia (I)-----	17
Tabla Nro. 6. Clasificación de espectro Sísmico -----	18
Tabla Nro. 7. Combinación de cargas-----	26
Tabla Nro. 8. Factores de resistencia-----	42
Tabla Nro. 9. Propiedades mecánicas -----	43
Tabla Nro. 10. Resumen general de (LL y LP) (ver anexo 3.1.b)-----	46
Tabla Nro. 11. Elevación de las plantas-----	48
Tabla Nro. 12. Propiedades de los materiales -----	49
Tabla Nro. 13. Propiedades del acero -----	49
Tabla Nro. 14. Esquema de la Cubierta Estéreo-Estructura-----	53
Tabla Nro. 15. Categoría de la Estructura -----	54
Tabla Nro. 16. Coeficiente de Exposición-----	55
Tabla Nro. 17. Coeficiente de presión en paredes C_p -----	56
Tabla Nro. 18. Coeficiente Eólico -----	57
Tabla Nro. 19. Coeficiente para la presión de viento a una altura h -----	57
Tabla Nro. 20. Coeficiente de presión interna -----	58
Tabla Nro. 21. Presión en nudos a barlovento -----	60
Tabla Nro. 22. Presión en nudos a Sotavento -----	61
Tabla Nro. 23. Presión en nudos lateral derecho -----	62
Tabla Nro. 24. Presión en nudos lateral izquierdo-----	62
Tabla Nro. 25. Combinación a Barlovento -----	63
Tabla Nro. 26. Combinación a Sotavento -----	63
Tabla Nro. 27. Combinación Lateral Derecho -----	64
Tabla Nro. 28. Combinación Lateral Izquierdo-----	64
Tabla Nro. 29. Tensión en kld requerida para conexiones -----	90
Tabla Nro. 30. Distancia mínima de anclaje -----	91
Tabla Nro. 31. Tamaños mínimos para la soldadura filete -----	93
Tabla Nro. 32. Coeficiente de resistencia de los electrodos-----	93
Tabla Nro. 33. Despiece de armaduras-----	95
Tabla Nro. 34. Sobrecarga de uso -----	99
Tabla Nro. 35. Carga permanente-----	99
Tabla Nro. 36. Cargas de muro $e=18\text{cm}$ -----	102
Tabla Nro. 37. Datos de tabiquería interior-----	102
Tabla Nro. 38. Carga de muros $e=12\text{cm}$ -----	104
Tabla Nro. 39. Parámetros sísmicos -----	105
Tabla Nro. 40. Clasificación de suelos-----	105

Tabla Nro. 41. Factor de importancia (I) -----	105
Tabla Nro. 42. Espectro Zona 3 suelo S3($3 > \sigma_{adm} > 1,5$) -----	105
Tabla Nro. 43. Espectro de diseño -----	106
Tabla Nro. 44. Categoría de Estructura -----	107
Tabla Nro. 45. Coeficiente de exposición -----	108
Tabla Nro. 46. Coeficientes de presión en paredes C_p -----	109
Tabla Nro. 47. Coeficiente de presión en paredes C_p -----	109
Tabla Nro. 48. Comparación momento Diseño-Sismo-Viento -----	110
Tabla Nro. 49. Datos estructura aportricada-----	121
Tabla Nro. 50. Análisis modal y participación de masas -----	122
Tabla Nro. 51. Periodos modales -----	123
Tabla Nro. 52. Centro de masas-----	123
Tabla Nro. 53. Peso de la torre de control en cada nivel -----	124
Tabla Nro. 54. Cortante en la base-----	126
Tabla Nro. 55. Cortante en la base correspondiente a cada nivel X e Y-----	126
Tabla Nro. 56. Cortante basal por planta en la dirección X -----	128
Tabla Nro. 58. Condición sísmica -----	130
Tabla Nro. 59. Desplazamiento en X-----	130
Tabla Nro. 60. Desplazamiento Y -----	130
Tabla Nro. 61. Efectos de segundo orden X-----	131
Tabla Nro. 62. Efectos de segundo orden Y-----	132
Tabla Nro. 63 Porcentaje resistido de la estructura X-----	132
Tabla Nro. 64. Porcentaje resistido de la estructura Y -----	133
Tabla Nro. 65. Porcentaje total resistido-----	133
Tabla Nro. 66. Altura mínima-----	135
Tabla Nro. 67. Cargas críticas de pandeo-----	156
Tabla Nro. 68. Columna fuerte-viga débil-----	163
Tabla Nro. 69 Diagrama de interacción-----	163
Tabla Nro. 70 Diseño de segmentos verticales -----	166
Tabla Nro. 71 Carga por nivel-----	167
Tabla Nro. 72 Diagrama de interacción-----	171
Tabla Nro. 73 Momento en los tramos-----	175
Tabla Nro. 74 Porcentaje de acuerdo a la capacidad portante -----	180
Tabla Nro. 75 Carga en columnas -----	180

INDICE DE FIGURA

Figura Nro. 1. Ubicación Geográfica de Villa Montes -----	1
Figura Nro. 2. Torre de Control del Aeropuerto de Villa Montes -----	2
Figura Nro. 3. Ubicación Referencial del proyecto-----	8
Figura Nro. 4. Ubicación Referencial del proyecto-----	9
Figura Nro. 5. Estratigrafía del Suelo -----	10
Figura Nro. 6. Topografía de la Zona -----	10
Figura Nro. 7. Diseño Arquitectónico de la Torre de Control-----	11
Figura Nro. 8. Movimientos de placa-----	12
Figura Nro. 9. Espectro Sísmico-----	13
Figura Nro. 10 Mapa Geológico de Bolivia -----	14
Figura Nro. 11 Mapa Sísmico Tectónico -----	15
Figura Nro. 12. Mapa de Zonificación Sísmica -----	16
Figura Nro. 13 Requisitos de luz libre-----	27
Figura Nro. 14. Nomenclatura de áreas de acero y diámetros de barra -----	28
Figura Nro. 15. Zona de Empalme por solape-----	28
Figura Nro. 16. Longitud de confinamiento -----	29
Figura Nro. 17. Confinamiento de la viga -----	29
Figura Nro. 18. Acero transversal-----	30
Figura Nro. 19. Requisitos Geométricos -----	31
Figura Nro. 20. Esquema de una Estéreo-Estructura -----	39
Figura Nro. 21. Estéreo-Estructura simplemente apoyado -----	41
Figura Nro. 22. Capacidad portante método Meyerhoff -----	44
Figura Nro. 23. Capacidad portante método Vesic -----	45
Figura Nro. 24. Calicatas con profundidad a 3 m-----	47
Figura Nro. 25. Esquema estructural Torre de control Rafael Pavón -----	48
Figura Nro. 26. Coeficientes de presión en paredes cp -----	57
Figura Nro. 27. Elementos de la Cubierta y base a Barlovento -----	60
Figura Nro. 28. Elementos de la cubierta y base Sotavento -----	61
Figura Nro. 29. Elemento de cubierta y base lateral derecho -----	62
Figura Nro. 30. Bidireccional cuadrado -----	64
Figura Nro. 31. Idealización de cargas -----	66
Figura Nro. 32. Modulo del emparrillado-----	67
Figura Nro. 33. Dimensiones de sección cuadrada -----	67
Figura Nro. 34. Dimensión sección cuadrada -----	69
Figura Nro. 35. Dimensión sección cuadrada -----	72
Figura Nro. 36. Dimensión sección cuadrada -----	77
Figura Nro. 37. Dimensión Sección Cuadrada -----	82
Figura Nro. 38. Largo Efectivo del perno de anclaje-----	92

Figura Nro. 39. Esquema, Estructura aporticada de hormigón-----	98
Figura Nro. 40. Ladrillo de 6 huecos e=18cm-----	100
Figura Nro. 41. Datos para la tabiquería -----	100
Figura Nro. 42. Ladrillo de 6 huecos e=12cm-----	102
Figura Nro. 43. Mapa de zonificación sísmica -----	104
Figura Nro. 44. Componentes de la losa nervada -----	111
Figura Nro. 45. Barandas-----	112
Figura Nro. 46. Losa nervada-----	135
Figura Nro. 47. Sección transversal -----	135
Figura Nro. 48. Carga en nervio-----	136
Figura Nro. 49. Diagrama de momento y corte -----	137
Figura Nro. 50. Armadura positiva en el nervio-----	140
Figura Nro. 51. Armadura negativa en el nervio-----	141
Figura Nro. 52. Detalle de la armadura en la losa -----	142
Figura Nro. 53. Viga en estudio -----	143
Figura Nro. 54. Bloque de esfuerzos -----	146
Figura Nro. 55. Cargas actuante en la viga -----	149
Figura Nro. 56. Requisitos de refuerzo-----	152
Figura Nro. 57. Despiece de armadura en viga-----	153
Figura Nro. 58 Diagrama de interacción -----	158
Figura Nro. 59 diagrama de interacion c40x40 -----	160
Figura Nro. 60 Acero de refuerzo columna N°52-----	165
Figura Nro. 61 Despiece de armadura de escalera-----	179
Figura Nro. 62 Despiece de armadura de zapata-----	190

ÍNDICE DE GRÁFICO

Grafico Nro. 1. Espectro de diseño -----	106
Grafico Nro. 2. Diagrama del peso sísmico por nivel-----	125
Grafico Nro. 3. Cortante Sísmico-----	127
Grafico Nro. 4. Espectro de diseño -----	127
Grafico Nro. 5. Cortante dinámico X -----	129
Grafico Nro. 6. Cortante dinámico Y -----	129
Grafico Nro. 7 Diagrama de interacción-----	160
Grafico Nro. 8 Diagrama de interacción-----	164
Grafico Nro. 9 Espectro de desplazamiento-----	170
Grafico Nro. 10 Diagrama de interacción -----	172

ANEXOS

- Anexo 3.1.a Estudio Topografico
- Anexo 3.1.b Estudio de Suelo
- Anexo 3.1.1 Velocidad del viento (Nudos a 10mt)
- Anexo 3.1.2 Viento a barlovento
- Anexo 3.1.2 Viento a barlovento
- Anexo 3.1.3 Presión a Barlovento
- Anexo 3.1.4 Carga sobre nudos
- Anexo 3.1.5 Presión a Sotavento
- Anexo 3.1.7 Presión lateral derecho
- Anexo 3.1.8 Carga sobre nudos
- Anexo 3.1.9 Presión lateral izquierdo
- Anexo 3.1.10 Carga sobre nudos lateral izquierdo
- Anexo 3.1.10 Carga sobre nudos lateral izquierdo
- Anexo 3.1.12 Teja termo-acústica
- Anexo 3.1.13 Carga viva o de servicio
- Anexo 3.1.14 Resumen de cargas sobre la estereo-estructura
- Anexo 3.1.15 Elementos cuerda superior
- Anexo 3.1.16 Abolladura cuerda superior
- Anexo 3.1.17 Momentos a flexión cuerda superior
- Anexo 3.1.18 Momentos a tracción cuerda superior
- Anexo 3.1.19 Elementos cuerdas inferiores
- Anexo 3.1.20 Abolladura cuerda inferior
- Anexo 3.1.21 Momentos elementos inferiores
- Anexo 3.1.22 Elementos a tracción
- Anexo 3.1.23 Elementos sometidos a compresión
- Anexo 3.1.24 Abolladura elemento diagonal
- Anexo 3.1.25 Elemento diagonal a tracción
- Anexo 3.1.26 Elemento vertical a compresión
- Anexo 3.1.27 Abolladura Elemento vertical
- Anexo 3.1.28 Momentos para elemento vertical

Anexo 3.1.29 Elemento sometido a compresión
Anexo 3.1.29 Elemento sometido a compresión
Anexo 3.1.30 Momento para elementos a compresión
Anexo 3.1.31 Despiece de armaduras
Anexo 3.1.32 Placa base
Anexo 3.1.33 Pernos de anclaje
Anexo 3.1.34 Soldadura en las uniones
Anexo 3.1.35 Uniones soldadas
Anexo 3.4.a Cálculo de viento en el fuste y Sub-cabina
Anexo 3.4.b comparación de momento de diseño-sismo-viento
Anexo 3.4.1 Diseño de losa nervada de la cabina
Anexo 3.4.2 Diseño de Losa Nervada Sub-Cabina
Anexo 3.4.3 Cabina diseño a flexión
Anexo 3.4.4 Cabina, diseño a Corte
Anexo 3.4.5 Sub-cabina, diseño a flexión
Anexo 3.4.6 Sub-cabina, diseño a Corte
Anexo 3.4.7 Fuste nivel 5, diseño a Flexión
Anexo 3.4.8 Fuste nivel 5, diseño a Corte
Anexo 3.4.9 Fuste nivel 4, diseño a Flexión
Anexo 3.4.10 Fuste nivel 4, diseño a Corte
Anexo 3.4.11 Fuste nivel 3, diseño a Flexión
Anexo 3.4.12 Fuste nivel 3, diseño a Corte
Anexo 3.4.13 Fuste nivel 2, Diseño a Flexión
Anexo 3.4.14 Fuste nivel 2, Diseño a Corte
Anexo 3.4.15 Fuste nivel 1, Diseño a Flexión
Anexo 3.4.15 Fuste nivel 1, Diseño a Corte
Anexo 3.4.16 Cálculo de Factores de Longitud
Anexo 3.4.17 Cálculo de carga crítica y factor de amplificación
Anexo 3.4.18 Diseño de Fleo compresión
Anexo 3.4.19 Diseño a Corte
Anexo 3.4.20 Cálculo de Columna Fuerte-Viga Débil

Anexo 3.4.21 Diseño de Muro a flexocompresión

Anexo 3.4.22 Diseño de muro a Corte

Anexo 3.4.23 Diagrama de Interacción

Anexo 3.4.24 Diseño a Flexión de escaleras

Anexo 3.4.25 Armadura por retracción y temperatura de la escalera

Anexo 3.4.26 Verificación a Esfuerzos en la Zapata

Anexo 3.4.27 Verificación a Punzonamiento

Anexo 3.4.28 Armadura por Flexión

Anexo 3.4.29 Diseño Estructural de la Zapata del Núcleo

Anexo 3.4.30 Diseño Estructural de la Zapata Escalera

Anexo 4.1. Cómputos métricos

Anexo 4.2 Especificaciones técnicas

Anexo 4.3 Cronograma de actividades