

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
PROGRAMA DE TITULACION ESPECIAL



TRABAJO DE TESIS

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE AUDITORIO U.E. 9 DE ABRIL
APLICANDO CUBIERTA EN FORMA DE PARABOLOIDE
ELIPTICO”**

Postulante: JUAN CARLOS CHURQUINA TEJERINA

Tutor: ING. YAMIL ELIO AYARDE LOPEZ

2021

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

Ing.
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Ing.
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing.

Ing.

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, modos y expresiones vertidas en el mismo; siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

Dedicado con todo cariño para las personas que hicieron posible que termine los estudios y siga por el camino de la vida, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi agradecimiento. Mamá (†), papá y a la madre de mis hijos.

AGRADECIMIENTOS:

Un agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron con la realización de este proyecto entre las cuales me gustaría mencionar a mi familia. Mi compadre y a mi asesor por darme el apoyo correspondiente para el desarrollo de este proyecto.

PENSAMIENTO:

“El hormigón armado es el sistema constructivo más hermoso que la humanidad ha sabido encontrar hasta hoy. El hecho de poder crear piedras fundidas, de cualquier forma, superiores a las naturales porque son capaces de soportar tensiones, tiene en si algo de mágico. [...] La propiedad más característica de las estructuras de hormigón armado es que son monolíticas y por lo tanto ofrecen las más brillantes y específicas soluciones estáticas.”

(Derman, Grande, & Mangiantini, 2012)

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria
Agradecimientos
Pensamiento
Resumen

Página

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción	1
1.2.	Diseño teórico	2
1.2.1.	Situación problemática	2
1.2.2.	Problema de investigación	3
1.2	Objetivos	3
1.2.1.	Objetivo general.....	3
1.2.2.	Objetivos específicos	3
1.4.	Hipótesis.....	4
1.4.	Justificación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Introducción.....	6
2.2.	Cálculo de estructuras de hormigón armado.....	7
2.2.1	Método de los estados limites	8
2.2.1.1	Definición	8
2.2.1.1	Clasificación	9
2.2.2	Definición de los valores característicos y de cálculo. Valores de los coeficientes de seguridad.....	11
2.2.2.1	Resistencia característica del hormigón	11
2.2.2.2	Resistencia de cálculo del hormigón.....	11

2.2.2.3 Resistencia característica del acero	11
2.2.2.4 Resistencia de cálculo del acero	11
2.2.2.5 Valores de los coeficientes de seguridad.....	12
2.2.3 Hipótesis de carga	13
2.2.4 Comprobaciones que debe realizarse.....	15
2.2.5 Análisis de rotura bajo tensiones normales.....	15
2.2.6 Cuantías límites de armadura	18
2.2.7 Análisis de elementos estructurales	19
2.2.7.1 Vigas.....	19
2.2.7.2 Columnas	20
2.2.7.3 Zapatas.....	21
2.3 Cubierta de doble curvatura.....	23
2.3.1 Ecuaciones diferenciales de equilibrio.....	29
2.3.2 Esfuerzos de membrana.....	33
2.3.3 El paraboloides elíptico	35
2.3.3.1 Estudio del paraboloides elíptico	37
2.3.4 Cargas en la cubierta.....	46
2.3.5 Análisis de esfuerzos	49

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Dimensionamiento de la cubierta.....	61
3.2 Cálculo de cargas en la cubierta.....	65
3.3 Determinación de esfuerzos en el paraboloides elíptico.	69
3.4 Diseño de la estructura de Hormigón Armado.....	79
3.4.1 Modelo de cálculo.....	81
3.5 Determinación de cargas en la estructura de hormigón armado.....	84
3.6 Dimensionamiento de vigas.....	88

3.7	Dimensionamiento de columnas.....	95
3.8	Dimensionamiento de zapatas.....	99
3.9	Escaleras.....	103
3.10	Comprobación.....	106
3.10.1	Comprobación del modelo.	106
3.10.2	Descripción del análisis efectuado por el programa.....	108

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones.....	109
4.2.	Recomendaciones.....	110
	Bibliografía.....	111
	Anexos	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1	Rotura por flexión.....16
Figura 2.2	Disposiciones relativas a la armadura.....20
Figura 2.3	Base de zapatas cuadradas.....22
Figura 2.4	Armadura en zapatas.....22
Figura 2.5	Cúpulas y paraboloides elípticos.....28
Figura 2.6	Cascarones cilíndricos y cónicos.....28

Figura 2.7	Paraboloides hiperbólicos.....	28
Figura 2.8	Elemento pequeñísimo de un cascaron.....	29
Figura 2.9	Esfuerzos de membrana.....	33
Figura 2.10	Laminas cilíndricas.....	34
Figura 2.11	Grafico del paraboloides elíptico.....	36
Figura 2.12	Parábola de eje z sobre el plano coordenado xz.....	41
Figura 2.13	Parábola de eje z sobre el plano coordenado yz.....	42
Figura 2.14	Intersecciones de la parábola en el eje z.....	42
Figura 2.15	Intersección de una elipse.....	44
Figura 2.16	Intersecciones entre elipse y parábola.....	44
Figura 2.17	Intersecciones con planos paralelos.....	45
Figura 2.18	Paraboloides elíptico (análisis de esfuerzos).....	49
Figura 2.19	Esfuerzos en el paraboloides.....	53
Figura 3.1	Vista satelital actual del lugar a proyectar.....	61
Figura 3.2	Plano de ubicación.....	62
Figura 3.3	Áreas destinadas para el proyecto.....	63
Figura 3.4	Dimensiones de la cubierta.....	64
Figura 3.5	Ejes y dimensiones de la cubierta.....	66
Figura 3.6	Dimensiones longitud altura.....	67
Figura 3.7	Perspectiva cubierta.....	68
Figura 3.7.1	Vista de cubierta.....	68
Figura 3.8	Puntos del cascaron para su cálculo	69
Figura 3.9	Cálculo de esfuerzos principales.....	73

Figura 3.10	Esfuerzos cortantes en los bordes.....	74
Figura 3.11	Arcos atiesadotes.....	75
Figura 3.12	Arcos para efectos de su peso propio.....	76
Figura 3.13	Plano planta baja.....	79
Figura 3.14	Plano planta primer piso.....	80
Figura 3.15	Corte longitudinal	80
Figura 3.16	Modelo estructural	81
Figura 3.17	Columnas	95
Figura 3.18	Zapata	103
Figura 3.19	Zapata armadura	103
Figura 3.20	Gradas	104

ÍNDICE DE TABLAS

	Página	
Tabla 2.1.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos $h_x/h_y=1,0$	54
Tabla 2.2.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos $h_x/h_y=0,8$	55
Tabla 2.3.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos $h_x/h_y=0,6$	56
Tabla 2.4.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos $h_x/h_y=0,4$	57
Tabla 2.5.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos $h_x/h_y=0,2$	58
Tabla 2.6.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos cortantes en los bordes . $y=\pm b$	59
Tabla 2.7.	Coeficientes para el cálculo de esfuerzos cortantes en los bordes . $x=\pm a$	60

Tabla 3.1.	Valores de k para los diferentes puntos.....	71
Tabla 3.2.	Esfuerzos normales y cortantes en diferentes puntos.....	72
Tabla 3.3.	Calculo de esfuerzos principales.....	73
Tabla 3.4.	Coefficientes para esfuerzos principales en los bordes.....	74
Tabla 3.5.	Arcos atiesados.....	75
Tabla 3.6.	Calculo de arco para efectos de su peso propio.....	76
Tabla 3.7.	Calculo de arco para efectos de fuerza cortante.....	77
Tabla 3.8.	Calculo de Hc y Mc.....	78
Tabla 3.9.	Características del Material de Acero y Hormigón	84
Tabla 3.10.	Valores característicos de la sobrecarga de uso	87
Tabla 3.11.	Listado de medición de vigas	89
Tabla 3.12.	Esfuerzos referidos a ejes locales del pilar.....	96
Tabla 3.13.	Descripción listada de zapatas.....	100
Tabla 3.14.	Hipótesis en escaleras.....	105
Tabla 3.15.	Combinaciones en escaleras.....	105
Tabla 3.16.	Armadura.....	106
Tabla 3.17.	Flechas activas.....	107