

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE DISEÑO DE LOSAS CON ESTRUCTURA ESPACIAL MIXTA
MODELADA TRIDIMENSIONALMENTE, APLICADO AL DISEÑO DE
PUENTE PEATONAL SOBRE LA QUEBRADA EL MONTE”**

Presentado por:

Heriberto A. Chambilla Tonconi

Proyecto de grado presentado a consideración de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en cumplimiento de los requisitos reglamentarios para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Tarija, diciembre de 2010

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y la oportunidad de lograr mis objetivos.

A mis hijos, por el tiempo que no les he dedicado durante la realización de este trabajo.

A mis padres, por su bondad y generosidad y apoyo moral.

A mis hermanos, a los que siempre he sentido a mi lado, en especial a mi hermano Jorge que me ha brindado su apoyo incondicional durante mis estudios universitarios.

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

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii

CAPÍTULO I ----- 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. INTRODUCCIÓN	2
1.3. DEFINICIÓN LOSAS RETICULARES MIXTAS	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5. OBJETIVOS.....	7
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.6. ALCANCE DEL PROYECTO	8
1.7. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	9

CAPÍTULO II -----10

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. DEFINICIÓN DE PUENTE.....	11
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	11
2.2.1. PARTES DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE	11
2.2.1.1 SUPERESTRUCTURA.....	11
2.2.1.2 SUBESTRUCTURAS	12
2.2.1.3 APARATOS DE APOYO.....	13
2.2.1.4 CLASIFICACIÓN DE PUENTES	13
2.3. TIPO DE PUENTE A UTILIZAR	15
2.3.1. PUENTES CON TABLERO DE LOSA ESPACIAL MIXTA	15
2.3.2. CLASIFICACIÓN DE PUENTES PEATONALES CON TABLERO DE EEM.....	17
2.4. PUENTES PEATONALES EN TARIJA.....	17
2.5. ESTUDIOS PRELIMINARES.....	19
2.5.1. UBICACIÓN.....	19
2.5.2. CLIMA.....	20

2.5.3. TOPOGRAFÍA.....	21
2.5.3.1. DETERMINACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DEL PUENTE.....	21
2.5.4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	22
2.5.5. ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
2.6. RESUMEN DEL ESTUDIO BÁSICO PARA EL PUENTE PEATONAL.....	26

CAPÍTULO III -----27

LOSA TIPO ESTRUCTURA ESPACIAL MIXTA

3.1. DEFINICIÓN	28
3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	29
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL MIXTA.....	31
3.2.1. ASPECTO TÉCNICO	31
3.2.2. ASPECTO ECONÓMICO	34
3.2.3. COMPORTAMIENTO SISMORESISTENTE	35
3.3. ANÁLISIS DE MALLAS ESPACIALES MIXTAS	36
3.3.1. MÉTODOS EXACTOS.....	36
3.3.2. MÉTODOS APROXIMADOS	36
3.4. RESOLUCIÓN DE ESTRUCTURAS ESPACIALES MEDIANTE MÉTODO MATRICIAL DE RIGIDEZ.....	37
3.4.1. BARRAS DE RETICULADO	38
3.4.2. LAMINAS Y MEMBRANAS	40
3.5. DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	44
3.6. CLASIFICACIÓN DE METODOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL EN EEM	45
3.7. DISEÑO MODELADA TRIDIMENSIONALMENTE	45
3.7.1. DISEÑO DE LOSA DE HORMIGÓN.....	46
3.7.2. DISEÑO DE ELEMENTOS DE BARRA (LRFD).....	46
3.7.3. DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL	47
3.7.4. DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A TRACCIÓN.....	50
3.7.5. SELECCIÓN DE PERFILES DE ELEMENTOS SOMETIDOS A TRACCIÓN.....	51
3.8. UNIONES SOLDADAS.....	51
3.8.1. ELEMENTOS SOLDADAS.....	52

CAPÍTULO IV -----55

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1. INTRODUCCIÓN.....	56
4.2. TIPOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	57

4.3. REGLAMENTOS Y NORMAS A UTILIZAR EN EL PROYECTO.....	59
4.4. GEOMETRÍA Y COMPONENTES DEL PUENTE PEATONAL.....	59
4.4.1. ESQUEMATIZACION DEL MODELO ESTRUCTURAL.....	59
4.4.2. PREDÍMENCIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	61
4.4.3. PROPIEDADES DE LAS Y MATERIALES UTILIZADOS.....	66
4.5. DETERMINACIÓN DE CARGAS	67
4.5.1. CARGAS MUERTAS O PERMANENTES.....	68
4.5.2. CARGAS VIVAS (SOBRECARGAS).....	69
4.5.3. CARGAS VIVAS CLIMÁTICAS	70
4.6. HIPÓTESIS DE CARGA Y FACTORES DE REDUCCIÓN.....	74
4.6.1. FACTORES DE CARGA Y REDUCCIÓN DE RESISTENCIA (CONCRETO).....	74
4.6.2. FACTORES DE CARGA Y REDUCCIÓN DE RESISTENCIA (ACERO).....	75
4.7. CALULO ESTRUCTURAL.....	77
4.7.1. INTRODUCCIÓN.....	77
4.7.2. ENTRADA DE DATOS EN EL SOFTWARE (SAP2000).....	78
4.7.3. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE LA ESTRUCTURA.....	82
4.8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS	82
4.8.1. ENVOLVENTES EN EL TABLERO DE EEM.....	84
4.8.1.1. ENVOLVENTES PARA LA LOSA	85
4.8.1.2. ENVOLVENTES PARA LA MALLA ESPACIAL.....	86
4.8.2. ENVOLVENTES DE LAS VIGAS.....	93
4.8.3. ENVOLVENTES DE LAS COLUMNAS	94
4.8.4. ENVOLVENTES PARA ESTRIBOS Y ZAPATAS	95

CAPÍTULO V -----98

DISEÑO FINAL Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

5.1. INTRODUCCIÓN	99
5.2. DIMENCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	99
5.2.1. DISEÑO DEL TABLERO CON LOSA DE EEM.....	99
5.2.1.1. DISEÑO DE LA LOSA DE HORMIGÓN.....	99
5.2.1.2. DISEÑO DE LAS BARRAS DE ESTRUCTURA ESPACIAL	101
5.2.2. DISEÑO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO	110
5.2.3. DISEÑO DE COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO.....	113
5.2.4. DISEÑO DE ZAPATAS DE HORMIGÓN ARMADO	119
5.2.5. DISEÑO DE ESTRIBOS DE HORMIGÓN ARMADO	126
5.2.6. DISEÑO DE APARATOS DE APOYO DE NEOPRENO	138
5.2.7. DISEÑO DE BANCO DE APOYO	144

5.3. ANALISIS COMPARATIVO	146
5.3.1 INTRODUCCION	146
5.3.2 COSTO DE PUENTE PEATONAL CON TABLERO DE EEM	147
5.3.3 COSTO DE PUENTE PEATONAL CON ATIRANTADO.....	147
5.3.4 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE AMBAS ALTERNATIVAS.....	148
CAPÍTULO VI -----	149
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1. COCLUSIONES GENERALES	150
7.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	151
7.3 RECOMENDACIONES.....	152
BIBLIOGRAFIA -----	153
ANEXOS -----	156
A) PLANOS...:	157
B) PRESUPUESTO GENERAL, PRECIOS UNITARIOS Y CÓMPUTOS MÉTRICOS	162
C) ESTUDIO GEOLÓGICOS.....	194
D) DATOS CLIMATOLÓGICOS	211
E) ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	219
F) CUADRO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO	244

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Fotografía del Puente Todera en Barcelona, España	4
Figura 1.2. (a) Malla espacial, (b) Losa espacial mixta	5
Figura 2.1. Partes Constitutivas del Puente	12
Figura 2.2. Fotografía Puente peatonal de la cantuta	16
Figura 2.3. Fotografía puente Peatonal Erquis-Ceibal Sobre El Río Erquis.....	18
Figura 2.4. Fotografía del Puente Peatonal Los Peregrinos Sobre el Río Guadalquivir.....	18
Figura 2.5. Fotografía del Puente Peatonal Palmarcito Sobre La Quebrada El Monte.....	19
Figura 2.6. Ubicación del Puente Peatonal propuesto Sobre La Quebrada El Monte Av. Jaime Paz Zamora.	19
Figura 2.7. Ubicación Específica del Puente Sobre la Quebrada El Monte / Av. Jaime Paz Zamora	20
Figura 2.8. Esquema De Ubicación Puente Peatonal c/Tablero de Losa Espacial Mixta.....	22
Figura 3.1. Vista isométrica de la malla espacial	28
Figura 3.2. Vista del Plano de Corte A	28
Figura 3.3. (a) Malla espacial, (b) Losa espacial mixta	30
Figura 3.4. Componentes de la Estructura Espacial Mixta.....	30
Figura 3.5. Fuerzas internas de compresión y tracción en EEM.	31
Figura 3.6. (a) Plano en Planta de una solución tradicional.	33
Figura 3.6. (b) Plano en Elevación de una solución tradicional (CORTE A-A).....	33
Figura 3.6. (c) Plano en Planta solución con EEM.....	33
Figura 3.6. (d) Plano en Elevación de una solución c/EEM (CORTE B-B).....	33
Figura 3.7. (a) Losa representativa de EEM. (b) Estructura asimilada a continua.....	38
Figura 3.8. Elemento espacial mixto.	39
Figura 3.9. Esquemmatización de una barra sometida a compresión.....	40
Figura 3.10. Esfuerzos internos del elemento finito.....	41
Figura 3.11. Elemento de membrana ha estado plano de esfuerzos.....	41
Figura 3.12. Representación de una losa como elemento finito rectangular.	42
Figura 3.13. Esquemmatización isométrica de losa con Malla Espacial Mixta (esfuerzos axiales)	48
Figura 3.14. Detalles de unión soldada entre mallas y diagonales	53
Figura 4.1. Algoritmo de proceso de cálculo y diseño final.	58
Figura 4.2. Esquema en planta Puente Peatonal	60
Figura 4.3. Esquema del tablero puente sección A-A	60
Figura 4.4. Esquema del Puente peatonal Perfil Longitudinal	60
Figura 4.5. Proporciones para circulación de peatones y ciclistas	61
Figura 4.6. Esquema de la baranda.....	62
Figura 4.7. Acción del empuje sobre barandas.....	70

Figura 4.8. Esquema del Modelo Estructural.	79
Figura 4.9. Definición del modo de análisis en el software.....	80
Figura 4.10. Definición de Ejes Globales en el Modelo.	80
Figura 4.11. Esquema del Modelo Estructural tridimensional.	81
Figura 4.12. Esquema del Modelo Estructural - Muestra el numeración de las losas.	81
Figura 4.13. Esquema del Modelo Estructural - Muestra espesores de secciones y losas.....	82
Figura 4.14. Esquema del Modelo Estructural - Esfuerzos Axiales en todos los elementos de la estructura.....	83
Figura 4.15. Esquema del Modelo Estructural - Esfuerzos Axiales en la losa.	83
Figura 4.16. Esquema del Modelo Estructural - Deformada.	84
Figura 4.17. Categorización de Tramos Críticos para el Análisis.	85
Figura 4.18. Esquema del Modelo Estructural - Esfuerzos de compresión en las losas.	90
Figura 4.19. Esfuerzos de Tracción, Compresión de la Malla estructural metálica.	91
Figura 4.20. Esfuerzos Tracción, Compresión de la Malla estructural de elementos longitudinales superiores.	91
Figura 4.21. Esfuerzos Tracción, Compresión de la Malla estructural de elementos longitudinales inferiores.	92
Figura 4.22. Esfuerzos Tracción, Compresión de la Malla estructural de elementos diagonales.	92
Figura 4.23. Esfuerzos Internos (Cortantes y Momentos Flectores)- Viga central principal.	93
Figura 4.24. Esquema del Modelo Estructural - Esfuerzos Internos en las columnas a) axiales, b) cortante V2. c) cortante V3, d) Torsión, e) momento flector M2, y f) momento flector M3.....	95
Figura 4.25. Reacciones de Apoyo (para transmisión a la Zapatas)	96
Figura 4.26. Ubicación de los Apoyos sobre los estribos (viga y malla espacial)	97
Figura 5.1. Esquemización de la Zapata	119
Figura 5.2. Diagrama de Esfuerzos Internos en la Zapata	121
Figura 5.3. Vista tridimensional de la zapata.....	125
Figura 5.4. Dimensiones preliminares del estribo.	126
Figura 5.5. Esquemización de cargas que actúan en el estribo.....	127
Figura 5.6. Diagrama de cargas del terreno sobre estribo.....	131
Figura 5.7. Diagrama de Momentos en el Estribo.....	132
Figura 5.8. Detalle de armaduras del estribo.	137
Figura 5.9. Esquema y acotaciones del apoyo de neopreno.	138
Figura 5.10. Esfuerzo a compresión / Deformación del apoyo de neopreno reforzado con Acero...	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Caudales Máximos de Diseño - Para Diferentes Periodos De Retorno T.....	24
Tabla 2.2. Características Hidráulicas De La Sección.....	24
Tabla 2.3. Socavación Local En Estribos.....	25
Tabla 3.1 Comparación de peso e inercia con diferentes cantos.....	32
Tabla 3.2 Peso y dimensiones de un Sistema Tradicional en función de (L).....	34
Tabla 3.3 Peso y dimensiones de un Sistema de EEM en función de (L).....	34
Tabla 3.4 Comparación porcentual entre ambas sistemas.....	34
Tabla 3.5. Factores de Esbeltez para diferentes situaciones.....	49
Tabla 3.6. Resistencia de barra bi-articulada en compresión.....	49
Tabla 3.7. Resistencia de barra bi-empotrada en compresión.....	49
Tabla 3.8. Resistencia de diseño de las soldaduras.....	54
Tabla 4.1. Tipos de análisis estructural.....	57
Tabla 4.2. Presiones básicas del viento, P_B Correspondientes a $V_B=160$ km/h.....	71
Tabla 4.3 Envolvente de esfuerzos en la losa del tablero - tramo 1.....	85
Tabla 4.4 Envolvente de esfuerzos en la losa del tablero - tramo 2.....	85
Tabla 4.5 Envolvente de esfuerzos en la losa del tablero - tramo 3.....	85
Tabla 4.6 Envolvente de esfuerzos en malla espacial - tramo 1.....	87
Tabla 4.7 Envolvente de esfuerzos en malla espacial - tramo 2.....	88
Tabla 4.8 Envolvente de esfuerzos en malla espacial - tramo 3.....	89
Tabla 4.9 Envolvente de esfuerzos en la viga central.....	94
Tabla 4.10 Envolvente de esfuerzos en las columnas.....	94
Tabla 4.11 Envolvente de esfuerzos para zapatas.....	95
Tabla 4.12 Envolvente de esfuerzos para los estribos.....	96
Tabla 5.1. Resumen de resultado del diseño de la malla espacial metálica.....	109
Tabla 5.2. Resumen de acero para malla espacial uniformizada.....	109
Tabla 5.3. Resumen de acero de refuerzo para vigas de hormigón.....	113
Tabla 5.4. Cuantías geométricas mínimas referidas a la sección total del hormigón.....	114
Tabla 5.5. Resumen de diseño de las columnas.....	118