

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**“ANALISIS DE COMPARACION TECNICA-ECONOMICA  
ENTRE FORJADOS BIDIRECCIONALES Y FORJADOS  
MIXTOS APLICADOS A UNA ESTRUCTURA TIPO”**

**Por:**

**HERMES SOSSA ROMERO**

Tesis de grado, presentada a consideración de la **“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**Noviembre del 2011**

**TARIJA - BOLIVIA**

V°B°

---

Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA

---

Lic. Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Gonzalo Gandarillas Martinez

---

Ing. Carlos Zeballos Cortez

---

Ing. Miguel Gutierrez Jaramillo

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.

**DEDICATORIA:**

Dedico este proyecto de grado a mi familia, que son las personas que más quiero en mi vida, la cual me apoya y da sentido a todos mis esfuerzos para lograr mis metas.

**AGRADECIMIENTO:**

Agradezco a todas las personas que me brindaron su apoyo para la realización de este proyecto de grado, mis padres, amigos, docentes y al profesor guía de este trabajo.

**PENSAMIENTO:**

Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría, y que obtiene la inteligencia; porque su ganancia es mejor que la ganancia de la plata, y sus frutos más que el oro fino.

## INDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Pensamiento	
Resumen ejecutivo	

## ANTECEDENTES

	<b>Página</b>
1. Generalidades.....	1
2. Identificación del problema.....	4
2.1. Hipótesis.....	5
3. Objetivos.....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. Planteamiento de alternativas de solución.....	6
5. Resultados propuestos.....	8

## CAPITULO I

### MARCO REFERENCIAL

1.1. Forjados.....	9
1.1.1. Definición.....	9
1.1.2. Función que cumple el forjado.....	9
1.1.3. Tipos de forjados.....	10
1.2. Forjados reticulares (bidireccional).....	15
1.2.1. Introducción.....	15
1.2.2. Materiales.....	15
1.2.3. Funcionalidad y ventajas de la losa.....	28
1.3. Forjados mixtos (bidireccional).....	30
1.3.1. Introducción.....	30
1.3.1.1. Descripción del sistema.....	32
1.3.2. Materiales.....	33
1.3.3. Funcionalidad y ventajas de la losa.....	37

	<b>Página</b>
1.4. Métodos de cálculo de esfuerzos para los dos tipos de forjados.....	43
1.4.1.1. Método de cálculo adoptado.....	51
1.5. Análisis del comportamiento de un emparrillado como losa empotrada en vigas.....	52
1.6. Métodos de diseño.....	57

**CAPITULO II**  
**PREMISAS DE DISEÑO**

2.1. Características generales del edificio en estudio.....	66
2.2. Ingeniería básica del proyecto.....	66
2.2.1. Estudio Topográfico.....	66
2.2.2. Estudio arquitectónico y de uso del suelo.....	66
2.2.3. Estudio de suelos.....	70
2.3. Materiales.....	70
2.4. Requisitos dimensionales según normativa.....	70
2.5. Análisis de cargas permanentes.....	72
2.5.1. Usando Forjados Reticulares (alternativa A).....	72
2.5.2. Usando Tridilosas (Alternativa B).....	82
2.6. Análisis de cargas vivas.....	88

**CAPITULO III**  
**DISEÑO DE ESTRUCTURA TIPO, EMPLEANDO**  
**FORJADOS RETICULARES ( BIDIRECCIONAL)**

3.1. Dimensiones de elementos estructurales asumidos.....	90
3.2. Cargas actuantes en la estructura.....	91
3.3. Cálculo de Armaduras para Losas.....	94
3.4. Cálculo de armaduras para el pórtico espacial.....	111
3.5. Análisis de deflexiones.....	132



**CAPITULO IV**  
**DISEÑO DE ESTRUCTURA TIPO, EMPLEANDO**  
**FORJADOS MIXTOS (BIDIRECCIONAL)**

	<b>Página</b>
4.1. Dimensiones de elementos estructurales asumidos.....	136
4.2. Cargas actuantes en la estructura.....	137
4.3. Calculo de Armaduras para Losas.....	141
4.4. Cálculo de armaduras para el pórtico espacial.....	157
4.5. Análisis de deflexiones.....	167

**CAPITULO V**  
**COMPARACION DE ALTERNATIVAS DESARROLLADAS**

5.1. Generalidades.....	168
5.2. Analisis Técnico.....	168
5.2.1. Proceso constructivo.....	168
5.2.2. Comparación de deflexiones.....	169
5.2.3. Incidencia del peso propio en ambas alternativas.....	172
5.2.4. Análisis de cuantías.....	173
5.2.5. Comparación de peso propio e Inercia de diferentes cantos.....	175
5.3. Analisis Económico.....	176
5.3.1. Losa Reticular.....	176
5.3.1.1. Materiales.....	176
5.3.1.2. Mano de obra.....	178
5.3.1.3. Herramientas y equipo.....	178
5.3.2. Losa Mixta.....	180
5.3.2.1. Materiales.....	180
5.3.2.2. Mano de obra.....	181
5.3.2.3. Herramientas y equipo.....	181
5.3.3. Cuadros comparativos.....	183

5.4. Análisis Económico en los restantes elementos estructurales  
y en conjunto de las dos alternativas.....185

5.4.1. Cantidad de armadura.....185

a) Armadura en elementos estructurales de losa reticular.....186

b) Armadura en elementos estructurales de losa mixta.....188

5.4.1.1. Cuadros Comparativos.....191

5.4.2. Volumen de hormigón.....194

a) Cantidad de Hormigón en todos los elementos  
estructurales en losa reticular.....194

b) Cantidad de Hormigón en todos los elementos  
estructurales en losa mixta.....195

5.4.2.1. Cuadros Comparativos.....197

5.4.3. Análisis de Costo Total Global de ambas Alternativas.....201

a) Planilla de costos totales de la alternativa con losa reticular.....201

b) Planilla de costos totales de la alternativa con losa mixta.....201

c) Cuadro de Análisis Comparativo de ambas Alternativas.....202

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**6.1.** Conclusiones.....203

**6.2.** Recomendaciones.....208

**BIBLIOGRAFIA**.....211

**ANEXOS**

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Transmisión de cargas de la losa.....	9
Figura 2. Contribución de la losa frente a acciones horizontales.....	10
Figura 3. Losa unidireccional.....	10
Figura 4. Losa transmitiendo cargas a vigas en dos direcciones.....	11
Figura 5. Losa transmitiendo cargas a los pilares.....	11
Figura 6. Losa armada “in situ”.....	12
Figura 7. Losa parcialmente prefabricada.....	12
Figura 8. Losas prefabricadas.....	13
Figura 9. Corte transversal de losa mixta.....	14
Figura 10. Sección transversal de zona aligerada de una losa reticular.....	15
Figura 11. Losa reticular con bloques aligerantes de tipo cerámico.....	21
Figura 12. Casetones aligerantes habituales formados con bloques de hormigón.....	22
Figura 13. Tipos de casetones.....	22
Figura 14. Nervios configurados con cubetas de tipo Boromar.....	23
Figura 15. Conjunto patentado de poliestireno expandido.....	24
Figura 16. Entrepiso tridimensional mixto.....	30
Figura 17. Esfuerzos actuantes en la losa mixta.....	31
Figura 18. Fuerzas axiales en los elementos de barra.....	31
Figura 19. Componentes de la malla espacial de losa mixta.....	32
Figura 20. Componentes de la losa mixta.....	33
Figura 21. Detalles de unión soldada entre mallas y diagonales.....	36
Figura 22. Detalle y nomenclatura de soldadura tope.....	36
Figura 23. Losa reticular considerada como emparrillado plano.....	45
Figura 24. Losa apoyada en su contorno sometida a una carga P.....	47
Figura 25. Losa sobre vigas y pilares.....	48
Figura 26. Deformación de losas sin vigas.....	49
Figura 27. Losa modelada como emparrillado plano empotrada en vigas.....	51
Figura 28. Deformación de losa reticular apoyada en vigas flexibles.....	52

Figura 29. Losa simplemente apoyada en sus cuatro bordes.....	53
Figura 30. Variación de momentos a través del encho supuestas para el diseño.....	53
Figura 31. Losa armada en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.....	56
Figura 32. Elementos finitos y asimilación a un emparrillado.....	56
Figura 33. Aplicación de cargas en losa reticular.....	75
Figura 34. Vista en planta y corte de escalera.....	79
Figura 35. Dimensiones adoptadas.....	79
Figura 36. Graficas de cargas en escalera.....	81
Figura 37. Predimensionamiento de tridilosa.....	83
Figura 38. Dimensionamiento celosia espacial.....	84
Figura 39. Sección de tridilosa con dimensiones definidas.....	85
Figura 40. Aplicación de cargas en tridilosa.....	86
Figura 41. Portico espacial con emparrillados planos.....	91
Figura 42. Hipótesis ACI rectángulo equivalente.....	97
Figura 43. Zona de corte, grietas de tracción en planos inclinados.....	105
Figura 44. Superficie de falla a torsión.....	119
Figura 45. Pórtico espacial con emparrillados planos.....	137
Figura 46. Estado de equilibrio interno de la tridilosa.....	142
Figura 47. Análisis de comportamiento estructural de la tridilosa.....	144
Figura 48. Diagrama de momentos de una viga con carga constante.....	145
Figura 49. Optimización de momentos en función de la variación de inercia.....	147
Figura 50. Variación de inercia cerca del apoyo.....	147
Figura 51. Diagramas de esfuerzos resultado de optimización de esfuerzos.....	148
Figura 52. Detalle constructivo y su deformada.....	148

## INDICE DE FOTOS

	<b>Página</b>
Foto 1. Museo y biblioteca usando forjados reticulares apoyados en vigas.....	29
Foto 2. Centro comercial en construcción utilizando forjados reticulares.....	29
Foto 3. Edificio en construcción con entre piso de tridilosa.....	42
Foto 4. Edificio en construcción con tridilosa y cielo falso con placas de yeso.....	42

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Espesores de garganta efectivos de soldaduras a tope acampanadas.....	37
Tabla 2. Comparación de peso propio e inercia de diferentes cantos.....	39
Tabla 3. Resumen de resultados entre estructura tradicional y con EEM.....	41
Tabla 4. Factores de resistencia característicos.....	60
Tabla 5. Combinaciones de cargas para la resistencia requerida $U$ en el código ACI.....	63
Tabla 6. Coeficientes de reducción de resistencia en el código ACI.....	64
Tabla 7. Tabla de peraltes mínimos en vigas.....	73
Tabla 8. Máximas deflexiones calculadas admisibles.....	134
Tabla 9. Coeficiente para deflexiones a largo plazo.....	135
Tabla 10. Comparación de peso propio e inercia de diferentes cantos losa mixta.....	175
Tabla 11. Comparación de peso propio e inercia de diferentes cantos losa reticular.....	175

## **INDICE DE ANEXOS**

- Anexo 1. Características de aceros soldables de alta resistencia.
- Anexo 2. Capacidad Portante Cono Holandes.
- Anexo 3. Sobrecargas de uso norma mv 101-1962.
- Anexo 4. Planillas de envolventes y correcciones de momentos de las dos alternativas
- Anexo 5. Nomogramas.
- Anexo 6. Diagramas de interacción.
- Anexo 7. Planillas de dimensionamiento de los elementos estructurales.
- Anexo 8. Planillas de deflexiones.
- Anexo 9. Precios unitarios de los materiales mano de obra y herramientas.
- Anexo 10. Planos.
- Anexo 11. Informe fotográfico.

