

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS**  
**MATERIALES**



**TOMO I**  
**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE SALUD COLONIA**  
**BARREDERO”**

**Por:**

**UNIV.: KATHLEEN RUIZ MAMANI**

**SEMESTRE - I - 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS**  
**MATERIALES**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE SALUD COLONIA**  
**BARREDERO”**

**Por:**

**UNIV.: KATHLEEN RUIZ MAMANI**

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para adoptar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

**SEMESTRE-I-2019**  
**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

---

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Juan Pablo Ayala Yáñez

---

Ing. Michael Echalar Flores

---

Ing. Víctor Mostajo Rojas

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

## **DEDICATORIA**

*A Dios,*

*Por estar conmigo en cada paso que doy, por permitirme vivir cada día y culminar esta etapa en mi vida, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.*

*A mi madre Ursula.*

*Por brindarme su apoyo incondicional, por haber hecho de mí una mejor persona, por su buen ejemplo de trabajo, esfuerzo y perseverancia, y sobre todo por su amor. Todo éste trabajo ha sido posible gracias a ti.*

*A mi tío Rafael,*

*Por sus consejos, que han sabido guiarme en la culminación de mi trayecto estudiantil.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por permitirme seguir presente , por darme fortaleza en todos los momentos difíciles de mi vida.*

*A mi familia, porque sin su apoyo no hubiera podido cumplir esta meta, por su motivación para superarme cada día.*

*A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, por impartir sus conocimientos y experiencias durante el trayecto como estudiante.*

*Al Ing. Paul Dennis Carrasco, que en calidad de docente guía me brindó su ayuda, tiempo y valiosos conocimientos en la culminación del presente trabajo.*

*A mis amigos y compañeros, que siempre estuvieron presentes en este trayecto, por compartir alegrías y tristezas, muchas gracias por el afecto, apoyo, confianza y amistad que hemos compartido todo este tiempo.*

*Un especial agradecimiento a Mario Ustarez, que desde el principio y gran parte de ésta etapa me acompañó y apoyó, por darme ánimos cuando pensé en rendirme y sobre todo por la paciencia brindada en todo momento, ahora puedo decir que ambos logramos cumplir esta meta.*

*Por último, agradecer a familiares y amigos que estuvieron presentes de alguna forma en esta etapa de mi vida.*

## INDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. EL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Planteamiento. ....	1
1.1.2. Formulaci3n.....	3
1.1.3. Sistematizaci3n.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. General.....	5
1.2.2. Espec3ficos.....	5
1.3. JUSTIFICACI3N.....	5
1.3.1. Acad3mica. ....	5
1.3.2. T3cnica.....	5
1.3.3. Social. ....	6
1.4. MARCO DE REFERENCIA.....	7
1.4.1. Espacial.....	7
1.4.2. Temporal.....	9
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO. ....	9
1.5.1. Resultados a lograr. ....	9
1.5.2. Restricciones y limitaciones. ....	9
CAP3TULO I.....	10
2. FUNDAMENTO TE3RICO.....	10
2.1. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	10
2.1.2. Normas de diseo. ....	11
2.1.2.1. Hormig3n armado.....	11
2.1.2.2. Estructuras met3licas. ....	11
2.1.3. Cargas. ....	11
2.1.3.1. Cargas permanentes. ....	11

2.1.3.2. Sobrecargas de uso. ....	12
2.1.3.3. Sobrecarga de viento. ....	13
2.1.3.3.1. Velocidad básica del viento. ....	13
2.1.3.3.2. Estimación de las velocidades básicas de viento a partir de datos climáticos regionales. ....	15
2.2. ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL. ....	15
2.2.1. Estudio de suelos. ....	15
2.2.2. Levantamiento topográfico. ....	15
2.3. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. ....	15
2.3.1. Hormigón. ....	16
2.3.1.1. Resistencia característica del hormigón. ....	16
2.3.1.2. Resistencia a compresión. ....	16
2.3.1.3. Diagrama tensión- deformación del hormigón. ....	17
2.3.1.4. Estados límite. ....	18
2.3.1.5. Hipótesis de carga más desfavorable. ....	19
2.3.1.6. Dominios de deformación. ....	20
2.3.2. Armadura de acero. ....	21
2.3.2.1. Resistencia característica de acero. ....	21
2.3.2.2. Características Geométricas. ....	22
2.3.2.3. Diagrama tensión-deformación del acero. ....	23
2.3.2.4. Anclaje de armaduras. ....	24
2.3.2.5. Empalme de armaduras. ....	26
2.3.2.5.1. Empalme por traslapo. ....	26
2.3.2.6. Distancia a los paramentos. ....	28
2.3.2.7. Disposiciones de las armaduras. ....	29
2.3.2.7.1. Distancia entre barras. ....	29
2.3.2.8. Cuantías geométricas mínimas. ....	30
2.3.3. Diseño de Elementos Estructurales de Hormigón Armado. ....	30
2.3.3.1. Vigas de H ° A °. ....	30
2.3.3.1.1. Armadura longitudinal de vigas rectangulares. ....	31
2.3.3.1.2. Armadura transversal de vigas rectangulares. ....	36



2.3.3.2. Columnas de H° A° .....	39
2.3.3.2.1. Compresión Simple. ....	40
2.3.3.2.2. Traslacionalidad e intraslacionalidad de las estructuras. ....	40
2.3.3.2.3. Longitud de pandeo. ....	41
2.3.3.2.4. Clasificación de las columnas por la esbeltez.....	42
2.3.3.2.5. Excentricidades.....	43
2.3.3.2.6. Armadura longitudinal.....	45
2.3.3.2.6.1. Procedimiento de cálculo de armaduras. ....	46
2.3.3.2.7. Armadura transversal.....	48
2.3.3.3. Losa alivianada.....	49
2.3.3.3.1. Generalidades. ....	49
2.3.3.3.2. Bases de cálculo.....	50
2.3.3.3.3. Diagrama de cálculo en flexión empleado para el hormigón y armaduras tesas (viguetas). ....	51
2.3.3.3.4. Diseño a flexión.....	53
2.3.3.3.5. Verificación a cortante.....	54
2.3.3.3.6. Cálculo de flechas.....	55
2.3.3.4. Zapatas de H° A° .....	57
2.3.3.4.1. Capacidad última de carga de fundaciones superficiales. ....	58
2.3.3.4.2. Asentamientos admisibles. ....	58
2.3.3.4.3. Comprobación al vuelco.....	58
2.3.3.4.4. Comprobación al deslizamiento. ....	59
2.3.3.4.5. Dimensionamiento de zapata aislada céntrica. ....	59
2.3.3.4.6. Cálculo de armadura a flexión.....	61
2.3.3.4.7. Verificaciones.....	62
2.3.3.4.7.1. Verificación a cortante.....	62
2.3.3.4.7.2. Comprobación de adherencia. ....	64
2.3.3.4.7.3. Comprobación a punzonamiento. ....	64
2.3.3.4.7.4. Anclaje y disposición de las armaduras.....	64
2.3.3.4.7.5. Efecto de cargas excéntricas. ....	66
2.3.3.5. Escalera de H° A° .....	68

2.3.3.5.1. Diseño estructural. ....	69
2.4. ESTRUCTURAS METÁLICAS. ....	70
2.4.1. Generalidades. ....	70
2.4.2. Bases de cálculo.....	72
2.4.2.1. Estados límite.....	72
2.4.2.2. Valor de cálculo de las propiedades del material. ....	73
2.4.3. Acciones. ....	73
2.4.3.1. Valor representativo de las acciones.....	73
2.4.3.2. Valor de cálculo de las acciones.....	74
2.4.3.3. Combinaciones de acciones.....	75
2.4.4. Cargas de diseño. ....	76
2.4.4.1. Sobrecarga de mantenimiento. ....	76
2.4.4.2. Carga de viento.....	77
2.4.4.3. Carga de granizo.....	77
2.4.4.3.1. Estudios realizados en Bolivia.....	79
2.4.5. Diseño de elementos.....	80
2.4.5.1. Elementos sometidos a tracción. ....	80
2.4.5.2. Elementos sometidos a compresión.....	82
2.4.5.2.1. Estado Límite de inestabilidad.....	82
2.4.5.3. Diseño de correas.....	85
2.4.5.3.1. Cálculo de acciones. ....	85
2.4.5.3.2. Cálculo de esfuerzos. ....	85
2.4.5.3.3. Comprobación de resistencia.....	86
2.4.5.3.4. Comprobación de flecha.....	86
2.4.6. Verificación a cortante.....	87
2.5. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	88
2.5.1. Especificaciones Técnicas. ....	88
2.5.1.1. Especificaciones Técnicas Generales. ....	88
2.5.1.2. Especificaciones Técnicas Particulares. ....	89
2.5.2. Análisis de Precios unitarios y Presupuesto General.....	89
2.5.2.1. Análisis de Precios Unitarios.....	89

2.5.2.2. Presupuesto General de la Obra.....	90
2.5.3. Cronograma de ejecución del proyecto. ....	91
CAPÍTULO II.....	92
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO. ....	92
3.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA.....	92
3.1.1. Estudio de Suelos.....	92
3.1.1.1. Verificación de clasificación de suelo. ....	93
3.1.1.2. Clasificación del suelo con el sistema unificado (SUCS). ....	94
3.1.1.3. Verificación de esfuerzo admisible del suelo. ....	95
3.1.1.4. Justificación del nivel de fundación de la cimentación adoptado.....	96
3.1.2. Topografía. ....	97
3.2. PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL.....	97
3.2.1. Estructura de Cubierta. ....	97
3.2.2. Estructura de la edificación. ....	99
3.3. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA.....	102
3.3.1. Cargas de diseño.....	102
3.3.2. Diseño de correas.....	102
3.3.2.1. Combinación de cargas.....	103
3.3.2.2. Comprobación de resistencia.....	105
3.3.2.3. Verificación a cortante.....	106
3.3.2.4. Comprobación de flecha.....	107
3.3.3. Diseño de elementos sometidos a tracción. ....	110
3.3.3.1. Verificación a cortante.....	111
3.3.4. Diseño de elementos sometidos a compresión. ....	112
3.3.4.1. Verificación a cortante.....	114
3.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN.....	115
3.4.1. Consideraciones generales.....	115
3.4.2. Análisis de cargas. ....	116
3.4.3. Diseño estructural.....	116
3.5. VERIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO. ....	116



3.5.4.1.2. Cálculo de esbeltez mecánica ( $\lambda$ ):	144
3.5.4.1.3. Cálculo de excentricidad de primer orden ( $e_o$ ), excentricidad adicional ( $e_a$ ), excentricidad ficticia ( $e_{fic}$ ) y excentricidad final ( $e_f$ ):	144
3.5.4.1.4. Cálculo de cuantía geométrica.	146
3.5.4.1.5. Verificación de armadura:	147
3.5.5. Verificación del diseño de zapatas de H° A°.	147
3.5.5.1. Dimensionamiento en planta y en elevación.	147
3.5.5.2. Cálculo de esfuerzos en el terreno.	150
3.5.5.3. Verificación al vuelco.	153
3.5.5.4. Verificación al deslizamiento.	154
3.5.5.5. Cálculo de armadura a flexión.	154
3.5.5.6. Comprobación a cortante.	160
3.5.5.7. Comprobación de adherencia.	161
3.5.6. Verificación del diseño de escalera de H° A°.	161
3.5.6.1. Cálculo de espesor de losa.	161
3.5.6.2. Cálculo de cargas.	162
3.5.6.3. Cálculo de armadura longitudinal.	164
3.5.6.4. Cálculo de armadura transversal.	166
3.5.6.5. Verificación de armaduras.	167
3.6. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.	167
3.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	167
3.8. CÓMPUTOS MÉTRICOS.	168
3.9. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.	168
3.10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.	169
3.11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	169
CAPÍTULO III.	170
4. APORTE ACADÉMICO.	170
4.1. ANTECEDENTES.	170
4.2. OBJETIVOS.	170
4.2.1. General.	170
4.2.2. Específicos.	170

4.3.	ALCANCE. ....	170
4.4.	MARCO TEÓRICO. ....	171
4.4.1.	Método de diseño.....	171
4.4.2.	Cargas. ....	171
4.4.2.1.	Sobrecarga de uso.....	171
4.4.2.2.	Carga de viento.....	172
4.4.2.3.	Sobrecarga de mantenimiento. ....	173
4.4.2.4.	Combinaciones de cargas. ....	173
4.4.3.	Resistencia de diseño.....	174
4.4.4.	Módulo de elasticidad.....	174
4.4.5.	Armaduras. ....	175
4.4.5.1.	Resistencia de diseño de las armaduras.....	175
4.4.5.2.	Cumplimiento de normas.....	175
4.4.5.3.	Espaciamiento de armadura.....	175
4.4.5.4.	Recubrimiento de hormigón para la armadura. ....	176
4.4.5.5.	Armadura transversal para elementos a compresión. ....	176
4.4.5.6.	Armadura transversal para elementos a flexión. ....	177
4.4.5.7.	Armadura de retracción y temperatura. ....	177
4.4.5.8.	Armadura mínima de elementos sometidos a flexión. ....	178
4.4.6.	Diseño de elementos de hormigón armado.....	178
4.4.6.1.	Diseño de elementos sometidos a flexión.....	178
4.4.6.1.1.	Resistencia a cortante. ....	180
4.4.6.1.2.	Resistencia al cortante proporcionada por el hormigón en elementos no pretensados. ....	181
4.4.6.1.3.	Resistencia al corte proporcionado por la armadura de cortante.....	181
4.4.6.1.4.	Diseño de la armadura a cortante. ....	182
4.4.6.1.5.	Control de deflexiones.....	183
4.4.6.2.	Diseño de columnas de $H^{\circ}A^{\circ}$ .....	185
4.4.6.2.1.	Efectos de la esbeltez en elementos comprimidos.....	185
4.4.6.2.2.	Procedimiento de magnificación de momentos.....	186
4.4.6.3.	Diseño de losa alivianada. ....	187

4.4.6.4. Diseño de zapata aislada de H° A° .....	189
4.4.6.4.1. Dimensionamiento en planta. ....	190
4.4.6.4.2. Dimensionamiento en elevación.....	191
4.4.6.4.3. Cálculo de armadura a flexión.....	192
4.4.6.4.4. Cortante en zapatas y cabezales.....	192
4.5. ANÁLISIS DE CARGAS. ....	193
4.6. VERIFICACIÓN DE SOLICITACIONES. ....	194
4.6.1. Solicitaciones en viga de H° A° más solicitada. ....	194
4.6.2. Solicitaciones en columna más solicitada. ....	195
4.7. RESULTADOS. ....	196
4.7.1. Secciones de H°A° de elementos estructurales.....	196
4.7.2. Cuantías de obra. ....	197
4.7.2.1. Según CBH-87.....	197
4.7.2.2. Según APNB 1225001. ....	198
4.8. COMPARACIÓN TÉCNICA. ....	198
4.8.1. Estados límites últimos.....	198
4.8.1.1. Solicitaciones obtenidas. ....	198
4.8.1.1.1. Vigas de H° A° .....	198
4.8.1.1.2. Columnas de H° A° .....	200
4.8.1.1.3. Zapatas de H° A° .....	201
4.8.1.2. Dimensiones y armados obtenidos. ....	202
4.8.1.2.1. Vigas de H° A° .....	202
4.8.1.2.1.1. Variación porcentual de armadura longitudinal calculada y dispuesta según APNB 1225001. ....	204
4.8.1.2.2. Columnas de H° A° .....	207
4.8.1.2.3. Zapatas de H° A° .....	208
4.8.2. Estado límite de servicio.....	209
4.8.2.1. Deflexiones.....	209
4.8.2.1.1. Comprobación de cálculo de flecha:.....	210
4.8.3. Nivel de seguridad y probabilidad de falla. ....	214
4.8.3.1. Según CBH-87.....	214

4.8.3.2. Según APNB 1225001.....	216
4.8.3.3. Comparación de niveles de seguridad y probabilidad de falla. ....	217
4.9. COMPARACIÓN ECONÓMICA. ....	218
4.10. DIFERENCIAS Y SIMILITUDES ENTRE CBH-87 Y APNB 1225001. ....	221
CAPÍTULO IV .....	224
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	224
5.1. CONCLUSIONES.....	224
5.2. RECOMENDACIONES. ....	228
BIBLIOGRAFÍA. ....	230



## Índice de tablas

Tabla 1. Población por sexo y área de la provincia Aniceto Arce (censo 2012).....	1
Tabla 2. Población Rural de Bermejo.....	2
Tabla 3. Proyecciones de población de Comunidad Barretero.....	3
Tabla 4. Infraestructuras según establecimientos de salud.....	6
Tabla 5. Ubicación geográfica del proyecto.....	9
Tabla 6. Sobrecargas de uso.....	12
Tabla 7. Coeficiente eólico de sobrecarga en una construcción cerrada.....	13
Tabla 8. Velocidades básicas del viento en ciudades.....	14
Tabla 9. Estados límites últimos - Coeficientes de minoración de la resistencia.....	19
Tabla 10. Estados límites últimos - Coeficientes de ponderación de las acciones.....	19
Tabla 11. Barras corrugadas - Características mecánicas mínimas garantizadas.....	22
Tabla 12. Resistencia del hormigón en función del tipo de acero.....	22
Tabla 13. Diámetros comerciales del acero.....	22
Tabla 14. Valores del coeficiente $\psi$ .....	27
Tabla 15. Recubrimientos mínimos, en mm.....	28
Tabla 16. Recubrimientos mínimos.....	28
Tabla 17. Cuantías geométricas mínimas referidas a la sección total del hormigón, en tanto por mil.....	30
Tabla 18. Valores límite (Calculados con $\gamma_s=1,15$ ).....	32
Tabla 19. Tabla Universal para flexión simple o compuesta.....	35
Tabla 20. Cuantías geométricas mínimas (Referidas a la sección total del hormigón).....	36
Tabla 21. Área de la sección de armadura de reparto.....	51
Tabla 22. Valores de la relación canto/luz para los cuales no es necesario comprobar la flecha.....	51
Tabla 23. Coeficientes parciales para la resistencia, para estados límite últimos.....	73
Tabla 24. Coeficientes de simultaneidad para sobrecargas de uso en edificios.....	74
Tabla 25. Coeficientes de simultaneidad para la acción de la nieve.....	74
Tabla 26. Coeficientes de simultaneidad para la acción del viento.....	74
Tabla 27. Coeficientes parciales para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados límite últimos.....	75

Tabla 28. Sobrecargas de uso .....	77
Tabla 29. Sobrecarga de granizo para cubierta.....	79
Tabla 30. Coeficiente de imperfección elástica $\alpha$ .....	83
Tabla 31. Elección de las curvas de pandeo .....	84
Tabla 32. Coeficiente $\alpha$ según números de vanos.....	87
Tabla 33. Características de los sondeos SPT y tipo de suelo. ....	92
Tabla 34. Capacidad portante del suelo (Ensayo de Penetración Normal).....	92
Tabla 35. Datos generales del suelo.....	92
Tabla 36. Correlación de sistemas de clasificación de suelos. ....	95
Tabla 37. Cargas actuantes en cubierta.....	102
Tabla 38. Coeficientes de mayoración y de simultaneidad utilizados en el diseño de cubierta. ....	104
Tabla 39. Combinaciones de carga utilizadas.....	104
Tabla 40. Propiedades geométricas de perfil metálico (CC 150x75x15x3) .....	106
Tabla 41. Factores de mayoración de acciones y simultaneidad en estado límite de servicio .	108
Tabla 42. Propiedades geométricas de perfil (HSS 30x50x2) .....	110
Tabla 43. Propiedades geométricas de perfil (HSS 30x60x2) .....	113
Tabla 44. Cargas actuantes en la estructura.....	116
Tabla 45. Comparación de esfuerzos obtenidos con CYPECAD y SAP 2000 en tramo 2. ....	118
Tabla 46. Comparación de esfuerzos obtenidos con CYPECAD y SAP 2000 en columna P8.....	119
Tabla 47. Características de viguetas pretensadas .....	119
Tabla 48. Dimensiones del sistema de Aplicación de vigueta.....	120
Tabla 49. Pérdidas en la fuerza de pretensado.....	123
Tabla 50. Comparación de armadura transversal calculada manualmente y calculada por el programa para el tramo 2- Pórtico 4.....	140
Tabla 51. Longitudes de anclaje para barras corrugadas aisladas, valores de los coeficientes “m” .....	157
Tabla 52. Valores del coeficiente $\alpha_1$ .....	159
Tabla 53. Longitudes de anclaje en zapata P8 calculadas manualmente .....	159
Tabla 54. Longitudes de anclaje en zapata P8, obtenidas con Cypecad (versión 2014) .....	159

Tabla 55. Resumen y comparación de resultados de armadura de escalera de H°A° .....	167
Tabla 56. Listado de actividades.....	168
Tabla 57. Sobrecarga de servicio.....	172
Tabla 58. Factores de resistencia .....	174
Tabla 59. Recubrimientos mínimos para hormigón armado colocado en obra .....	176
Tabla 60. Cuantías mínimas ( $\rho=As/b*h$ ) totales para la armadura de retracción y temperatura.....	177
Tabla 61. Valores de $\beta_1$ para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el H° ...	179
Tabla 62. Alturas o espesores mínimos de vigas no pretensadas o losas armadas en una .....	183
Tabla 63. Deflexión máxima admisible calculada.....	184
Tabla 64. Cargas actuantes en la estructura.....	194
Tabla 65. Comparación de esfuerzos obtenidos con CYPECAD y SAP 2000 en tramo 2. ....	195
Tabla 66. Comparación de esfuerzos obtenidos con CYPECAD y SAP 2000 en columna (P8) .....	196
Tabla 67. .Dimensiones de elementos estructurales .....	197
Tabla 68. Cantidades de hormigón y acero (según APNB 1225001).....	198
Tabla 69. Envolventes en vigas (pórtico N° 4).....	198
Tabla 70. Variación en porcentaje de envolventes obtenidas con APNB 1225001 y CBH-87 .....	200
Tabla 71. Comparación de solicitaciones en columnas .....	201
Tabla 72. Variación porcentual de esfuerzos en columnas.....	201
Tabla 73. Comparación de solicitaciones en zapatas.....	202
Tabla 74. Variación porcentual de esfuerzos axiales en cimentación .....	202
Tabla 75. Armadura longitudinal a tracción del tramo 2 –Pórtico 4 .....	204
Tabla 76. Comparación de áreas calculadas manualmente y con Cypecad (versión 2014) ....	207
Tabla 77. Comparación de armadura longitudinal y transversal en columnas .....	207
Tabla 78. Comparación de armadura dispuesta en zapatas .....	208
Tabla 79. Armaduras requeridas a flexión en zapatas .....	208
Tabla 80. Variación porcentual de armadura requerida.....	208
Tabla 81. Deflexiones instantáneas en pórtico N° 4 (Nivel primer piso).....	209
Tabla 82. Cantidad de materiales (Hormigón y acero).....	218

Tabla 83. Resumen de costos de materiales (Hormigón y acero).....	219
Tabla 84. Mano de obra de los elementos estructurales .....	219
Tabla 85. Resumen de costo de material y mano de obra.....	219
Tabla 86. Diferencias entre CBH-87 y APNB 1225001 .....	221
Tabla 87. Similitudes entre CBH-87 y APNB 1225001 .....	223

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto.....	7
Figura 2. Ubicación de Comunidad Barretero .....	8
Figura 3. Ubicación del Centro de Salud Comunidad Barretero .....	8
Figura 4. Diagrama parábola-rectángulo de cálculo del $H^{\circ}$ .....	17
Figura 5. Diagrama rectangular de cálculo del hormigón .....	17
Figura 6. Dominios de deformación .....	21
Figura 7. Diagrama tensión-deformación del acero de dureza natural. ....	23
Figura 8. Diversos tipos de anclajes de barras.....	26
Figura 9. Empalme de barras .....	27
Figura 10. Disposición de armadura longitudinal y transversal en vigas .....	31
Figura 11. Disposición de armaduras longitudinal y transversal en columnas.....	40
Figura 12. Influencia de la traslacionalidad en una columna .....	40
Figura 13. Nomogramas para la obtención de la longitud de pandeo para pórticos.....	42
Figura 14. Excentricidades iguales, en valor y signo .....	44
Figura 15. Excentricidades diferentes en valor y/o signo.....	44
Figura 16. Ábaco en roseta para flexión esviada .....	47
Figura 17. Armaduras principales en compresión .....	48
Figura 18. Componentes de losa alivianada .....	49
Figura 19. Forjado de semiviguetas o nervados .....	50
Figura 20. Distribución rectangular equivalente de tensiones en el hormigón.....	52
Figura 21. Diagrama de esfuerzo-deformación del acero de pre esfuerzo .....	52
Figura 22. Vuelco de una zapata.....	59
Figura 23. Tipos de zapatas aisladas.....	60
Figura 24. Zapatas rígidas y zapatas flexibles .....	60
Figura 25. Armadura de zapata aislada.....	62
Figura 26. Sección de referencia $S_2$ .....	63
Figura 27. Disposición de armadura .....	65
Figura 28. Anclaje de barras en zapatas rígidas y flexibles.....	65
Figura 29. Caso de excentricidad reducida ( $e \leq A/6$ ) .....	67
Figura 30. Caso de excentricidad elevada ( $e > A/6$ ).....	67

Figura 31. Elementos de una escalera.....	69
Figura 32. Cargas para hielo granizo según varios reglamentos .....	80
Figura 33. Curvas de pandeo .....	83
Figura 34. Flexión esviada en correas de cubierta.....	86
Figura 35. Cercha Howe .....	98
Figura 36. Vista en planta de la cubierta del bloque principal .....	98
Figura 37. Vista 3D de la estructura metálica.....	98
Figura 38. Esquema estructural centro de salud Colonia Barretero.....	101
Figura 39. Idealización de la cercha metálica.....	103
Figura 40. Cargas actuantes en correa metálica.....	103
Figura 41. Características de perfil CC 80x40x15x2.....	110
Figura 42. Perfil HSS 50x30x2.....	111
Figura 43. Características de Perfil HSS 60x30x2 .....	114
Figura 44. Diagrama de momento flector del tramo 2 en KN*m (Pórtico №4).....	117
Figura 45. Diagrama de esfuerzo cortante del tramo 2 en KN*m (Pórtico № 4).....	117
Figura 46. Esfuerzos solicitantes en columnas del pórtico №4 de la estructura.....	118
Figura 47. Sistema de Aplicación de vigueta .....	119
Figura 48. Geometría de la vigueta.....	124
Figura 49. Sección homogeneizada de la vigueta pretensada.....	126
Figura 50. Disposición de armadura negativa en losa alivianada proporcionada por el programa. .....	131
Figura 51. Diagrama cortante de la vigueta pretensada.....	131
Figura 52. Disposición de armadura longitudinal y transversal del tramo 2 –Pórtico 4.....	134
Figura 53. Envolvente de momento flector en KN*m (tramo 2 – Pórtico №4).....	135
Figura 54. Envolvente de esfuerzo cortante de viga (tramo 2 –Pórtico №4).....	138
Figura 55. Diagrama de esfuerzo cortante .....	139
Figura 56. Armadura transversal (Viga tramo 2 –Pórtico 4).....	140
Figura 57. Armadura dispuesta por el programa en columna № 8(Pórtico # 4–Tramo: Primer piso) .....	141
Figura 58. Idealización de esfuerzos solicitantes en columna de hormigón armado en el que concurren vigas en cara inferior y superior. ....	141

Figura 59. Sección de referencia $S_2$ de zapata aislada. ....	149
Figura 60. Esfuerzos en cara superior de la cimentación .....	151
Figura 61. Tensiones actuantes en la zapata P8. ....	152
Figura 62. Anclaje de barras en zapatas rígidas y flexibles.....	158
Figura 63. Disposición de armadura a flexión y armadura de espera en zapata aislada P8 ....	160
Figura 64. Sección de referencia $S_2$ de zapata aislada. ....	160
Figura 65. Vista en planta de la escalera de $H^\circ A^\circ$ .....	162
Figura 66. Idealización estructural de escalera de dos tiros .....	162
Figura 67. Separación libre mínima entre barras ubicadas en una capa y separación libre entre capas de armadura en elementos solicitados a flexión. ....	175
Figura 68. Separación vertical de los estribos cerrados.....	177
Figura 69. Espaciamiento de la armadura de retracción y temperatura en losas .....	178
Figura 70. Distribución rectangular equivalente de tensiones en el hormigón.....	179
Figura 71. Condición de deformación balanceada en flexión. ....	180
Figura 72. Valores del coeficiente $C_m$ para columnas esbeltas en pórticos desplazables e indesplazables.....	187
Figura 73. Ubicación de las secciones críticas para momento máximo mayorado en zapatas	189
Figura 74. Diagrama de momento flector en $KN*m$ - tramo 2 (Según APNB 1225001) .....	194
Figura 75. Diagrama de esfuerzo cortante en $KN$ - tramo 2 (Según APNB 1225001) .....	195
Figura 76. Pórtico N°4 de la estructura- (Según APNB 1225001) .....	196
Figura 77. Envolvente de momento flector (Tramo 2).....	199
Figura 78. Envolvente de esfuerzos cortantes (Tramo 2).....	199
Figura 79. Variación porcentual de momento flector negativo en tramo 2 (Pórtico N°4).....	200
Figura 80. Variación porcentual de armadura necesaria (Tramo 2 – pórtico N°4).....	204
Figura 81. Envolvente de momentos flectores (Tramo 2 – Pórtico N°4).....	204
Figura 82. Área de armadura longitudinal calculada por el software .....	205
Figura 83. Variación de deflexión instantánea en tramo 2 (Pórtico 4).....	210
Figura 84. Variación porcentual de cantidad de acero de acuerdo con ambas normativas .....	218
Figura 85. Variación porcentual de costo total de material (Acero y hormigón) .....	220
Figura 86. Variación de costo (Material y mano de obra).....	220

## **Índice de Anexos**

Anexo 1. Análisis de cargas

Anexo 2. Velocidad del viento

Anexo 3. Estudio de suelos

Anexo 4. Tablas de clasificación de suelos y ábacos de capacidad de carga admisible del suelo

Anexo 5. Plano de losas y tabla de momentos admisibles en viguetas

Anexo 6. Memorias de cálculo

Anexo 7. Especificaciones técnicas

Anexo 8. Cómputos métricos

Anexo 9. Análisis de precios unitarios

Anexo 10. Presupuesto (obra gruesa)

Anexo 11. Cronograma de ejecución (obra gruesa)

Anexo 12. Aporte académico

Anexo 13. Planos