

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



**APLICACIÓN DE PLACAS ANTIRRUIDO**  
**TRAMO AVENIDA CIRCUNVALACION**  
**DE LA CIUDAD DE TARIJA**

Por:

**CONSTANCIO ELINO ACHO MONTAÑO**

Diciembre 2012

TARIJA – BOLIVIA

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

**APLICACIÓN DE PLACAS ANTIRRUIDO**  
**TRAMO AVENIDA CIRCUNVALACION**  
**DE LA CIUDAD DE TARIJA**

**Por:**

**CONSTANCIO ELINO ACHO MONTAÑO**

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**Diciembre del 2012**  
**TARIJA – BOLIVIA**

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

Un proceso un sacrificio y una conclusión que felizmente cumple un objetivo más, el presente trabajo dedico con mucho amor y respeto a mis padres: Saturnino Acho y Victoria Montaña de Acho y a todos mis hermanos, quienes me apoyaron en todo momento de mi formación profesional, que sin su apoyo hubiera sido difícil continuar adelante.

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos:

A Dios por guiarme e iluminarme permanentemente en el camino de la fe, darme sabiduría, la fuerza día a día y una esperanza para vivir y salir adelante para culminar mis estudios.

A mis padres Saturnino y Victoria, hermanos por haberme dado un lugar muy especial y brindarme su apoyo incondicional.

También quiero expresar un agradecimiento a todos los ingenieros que fueron los docentes a lo largo de los estudios universitarios, quienes supieron transmitir sus conocimientos en una forma incondicional.

Un agradecimiento sincero Efraín, David, Delfín, Estela , quienes me aconsejaron y apoyaron en forma incondicional desinteresada.

Y a todos ellos gracias.

**Vº Bº**

.....  
MSc. Ing. Luis Alberto Yurquina

**DECANO**

**FACULTA DE CIENCIAS Y**

**TECNOLOGIAS**

.....  
Lic. Gustavo Succi

**VICEDECANO**

**FACULTA DE CIENCIAS Y**

**TECNOLOGIAS**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....

**ING. MOISÉS DÍAZ**

.....

**ING. ADOLFO MOLINA**

.....

**ING. MARCELO SOSA**



# INDICE

Advertencia  
Dedicatoria  
Agradecimiento  
Pensamiento

## Paginas

### CAPITULO I

1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	4
1.3. Metodología .....	7
1.4. Objetivos .....	10
1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos .....	10
1.5. Alcance .....	11

### CAPITULO II

#### EL RUIDO COMO EFECTO DEL MEDIO AMBIENTE

2.1. La ley 1333 del medio ambiente cap. III Art.42 .....	14
2.2. Contaminación Ambiental Acústica .....	15
2.3. El ruido problema ambiental.....	16
2.4. Ruido.....	17
2.4.1. Tipos de Ruido .....	18
2.4.2. Tipos de fuentes de ruido .....	18
2.4.2.1. Fuentes fijas .....	18
2.4.2.2. Fuentes móviles .....	20
2.4.3. Ruido urbano .....	20
2.4.4. Ruido de tráfico rodado.....	21
2.4.4.1. Característica del ruido de tráfico rodado .....	23
2.4.4.2. Factores que afectan a la generación del ruido de tráfico .....	27
2.5. Mitigación del ruido .....	30
2.6. Importancia del control del ruido.....	30
2.7. Sonido .....	31
2.7.1. Características físicas del sonido .....	34
2.7.1.1. Frecuencia.....	35
2.7.1.2. Amplitud de onda .....	35
2.7.1.3. Intensidad .....	36



2.7.2 Unidades de medida del sonido.....	36
2.7.2.1. Nivel de intensidad (NI) en dB .....	36
2.7.2.2. Nivel de presión sonora (NPS) en dB .....	37
2.7.2.3. Nivel de potencia sonora .....	37
2.7.3. Cualidades del sonido.....	38
2.7.3.1. Atenuación del sonido.....	38
2.7.3.2. Reverberación del sonido .....	38
2.7.3.3. Absorción del sonido.....	39
2.7.4. Velocidad del sonido.....	40
2.7.5. Control del sonido y la vibración .....	40
2.7.5.1. Factores acústicos.....	40
2.7.5.2. Análisis acústico.....	41
2.8. Decibel dB .....	42
2.9. Medición del ruido .....	42
2.9.1. El sonómetro .....	42
2.9.2. Sonómetros integradores .....	44
2.9.3. Dosímetro .....	44
2.9.4. Analizadores de frecuencias.....	45
2.9.5. Medidores de impacto .....	45
2.10. Pérdida de Transmisión Sonora .....	46
2.11. Aislamiento acústico.....	46
2.11.1. Principio de aislamiento .....	47
2.11.2. Medida de aislamiento .....	48
2.12. Hormigón ligero.....	48
2.12.1. Graduación de mezclas de concreto de peso ligero.....	51
2.13. Solución al problema del ruido .....	52
2.13.1. Barreras Acústicas o Pantallas .....	52
2.13.2. Tipos de Pantallas Antirruído.....	53
2.14. Uso de las Pantallas Antirruído.....	65

## **CAPITULO III**

### **EFFECTOS DEL RUIDO EN LAS VIAS URBANAS**

3.1. Salud y ruido.....	68
3.2. Efectos del ruido en la salud y el bienestar .....	68
3.2.1. Efectos auditivos .....	69
3.2.1.1. Desplazamiento temporal de umbral auditivo .....	69
3.2.1.2. Desplazamiento permanente de umbral auditivo.....	69

3.3.2. Efectos no auditivos .....	70
3.3.2.1 Efectos psicopatológicos .....	71
3.2.2.2. Efectos psicológicos y sociales.....	71
3.2.2.3. Efectos fisiológicos.....	74
3.3. Soluciones a los problemas de los ruidos en vías urbanas .....	75
3.3.1. Pantallas acústicas de placas de hormigón ligero.....	77
3.3.2. Planes de acción .....	80

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE PLACAS ANTIRRUIDO**

4.1. Pantallas o Barreras Antirruido.....	83
4.1.1. Efecto de apantallamiento, Transmisión del sonido a Través de una pantalla .....	85
4.1.2. Tipos de barreras acústicas .....	86
4.1.2.1. Pantallas acústicas .....	87
4.2. Eficacia acústica de las pantallas .....	88
4.2.1. Elección de los materiales. Transmisión y absorción .....	88
4.2.1.1. Comportamiento frente a la transmisión.....	88
4.2.1.2. Características absorbentes .....	90
4.2.1.3 Pantallas reflectantes y pantallas absorbentes.....	92
4.2.2. Dimensionamiento geométrico .....	94
4.2.2.2. Longitud de la pantalla.....	99
4.2.2.3. Ubicación de la pantalla con respecto a la vía de circulación.....	101
4.2.3. Recomendaciones sobre el diseño geométrico de las pantallas .....	102
4.3. Construcción de las Placas Antirruido de hormigón ligero .....	104
4.3.1 Elementos y materiales constructivos.....	104
4.3.2. Pantallas de hormigón ligero .....	105
4.3.3. Dosificación, mezclado y control de concreto ligero en la obra (comité ACI-304) .....	107
4.4. Aislamiento de la Placa Antirruido.....	108
4.5. Transmisión sonora a través de la Placa Antirruido.....	111
4.6. Cimientos de las Placas Antirruido in situ .....	113
4.7. Las soluciones tipo.....	115

## **CAPITULO V**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

5.1. Ubicación .....	118
5.2. Características del área de estudio .....	120
5.2.1. Servicios básicos existentes .....	120
5.2.2. Características de ruido en el área de estudio.....	120
5.2.3. Situación actual del tráfico rodado y el medio ambiente en la Avenida Circunvalación.....	122
5.3. Medición y análisis de ruido en la avenida circunvalación .....	125
5.3.1. Instrumento de medición .....	125
5.3.2. Metodología de mediciones acústica en el área de estudio .....	127
5.3.3. Determinación del horario de medición .....	129
5.3.4. Proceso de Medición sin la placa .....	129
5.4. Proceso de construcción de la Placa Antirruído de Hormigón Ligero.....	130
5.4.1. Dimensiones de la Placa Antirruído.....	130
5.4.2. Construcción de la Placa Antirruído .....	131
5.4.2.1. Caracterización de materiales .....	131
5.4.2.1.1 Análisis de resultados .....	133
5.4.2.2. Dosificación y preparación Norma ACI – 304.....	134
5.4.2.2.1. Ensayos de laboratorio.....	134
5.4.2.2.2. Análisis de resultados .....	138
5.4.2.3. Proceso de Ejecución de la placa Antirruído de H <sup>o</sup> L <sup>o</sup> .....	140
5.4.2.3.1. Preparación de las muestras y equipo a utilizar .....	140
5.4.2.3.2. Encofrado de la Placa .....	141
5.4.2.3.3. Hormigonado en el encofrado in situ.....	143
5.4.2.3.4. Desencofrado y Curado de la Placa .....	146
5.4.2.3.5. Rotura de las probetas.....	146
5.5. Montaje de la Placa Antirruído in situ .....	148
5.6. Proceso de Mediciones de ruido con la Placa Antirruído in situ.....	149
5.7. Análisis de resultados de mediciones de ruido en el Área de Estudio .....	188
5.7.1. Análisis de ruido sin la placa .....	189
5.7.2. Análisis de ruido con la placa .....	189
5.8. Análisis de la aplicabilidad de las Placas Antirruído .....	190
5.9. Análisis de costos.....	192

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Conclusión.....	194
6.2. Recomendación .....	198
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>199</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1. Fuente ley 1333 del medio ambiente en Bolivia.....	15
Tabla N° 2.2. Fuente ley 1333 del medio ambiente en Bolivia.....	16
Tabla N° 2.3. Niveles representativos de ruido emitidos por distintos tipos de vehículos .....	27
Tabla N° 2.4. Requisitos de graduación para los agregados en H°L° Estruct. ASTM-C-330 .....	52
Tabla N° 3.1. Niveles sonoros de riesgo para la audición .....	69
Tabla N° 3.2. Patrón psicosocial y consecuencia en la comunidad a causas de elevados niveles de ruido .....	72
Tabla N° 4.1 Perdida de inserción relativa a incidencia normal .....	96
Tabla N° 4.2 Perdida de inserción relativa a incidencia normal y 30° .....	97
Tabla N° 4.3. Perdida de inserción relativa obtenida de un modelo de escala 1/16. ....	98
Tabla N° 4.4. Requisitos de graduación para los agregados en H°L° Estruct. ASTM-C-330 ....	107
Tabla N° 4.5. Datos se laboratorio Norma ACI-304.....	108
Tabla N° 4.6. Proporciones en las mezclas de laboratorio de concreto ligero ACI-304.....	108
Tabla N° 4.7. Rango de amortiguaciones .....	113
Tabla N° 5.1 Parque Automotor de la ciudad de Tarija.....	123
Tabla N° 5.2 Especificación del Sonómetro .....	125
Tabla N° 5.3. Finura del cemento .....	134
Tabla N° 5.4. Peso específico del cemento.....	134
Tabla N° 5.5. Granulometría - agregado grueso .....	135
Tabla N° 5.6. granulometría-agregado fino. Fuente Propia .....	136
Tabla N° 5.7. Peso Específico-Agregado grueso natural.....	136
Tabla N° 5.8. Peso unitario suelto-Agregado grueso.....	137
Tabla N° 5.9. Peso unitario compactado-Agregado grueso .....	137
Tabla N° 5.10. Peso específico - agregado fino .....	137
Tabla N° 5.11. Peso unitario suelto-Agregado fino .....	138
Tabla N° 5.12. Peso unitario compactado-Agregado fino .....	138
Tabla N° 5.13. Pesos Específicos para dosificación .....	138
Tabla N° 5.14 Pesos específicos Fuente Norma ACI-304.....	139
Tabla N° 5.15. Proporciones de las mezclas de laboratorio de concreto ligero.....	139
Tabla N° 5.16. Pesos Unitarios-Reales para Dosificar .....	140
Tabla N° 5.17. Proporciones de mezclas-Dosificación de hormigón ligero .....	140
Tabla N° 5.18. Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas H°L° .....	147
Tabla N° 5.19. Mediciones con Sonómetro punto N° 1.....	150
Tabla N° 5.20. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 2 .....	152
Tabla N° 5.21. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 3 .....	154
Tabla N° 5.22. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 4 .....	156

Tabla N° 5.23. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 5 .....	158
Tabla N° 5.24. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 6 .....	160
Tabla N° 5.25. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 7 .....	162
Tabla N° 5.26. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 8 .....	164
Tabla N° 5.27. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 9 .....	166
Tabla N° 5.28. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 10 .....	168
Tabla N° 5.29. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 11 .....	171
Tabla N° 5.30. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 12 .....	173
Tabla N° 5.31. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 13 .....	175
Tabla N° 5.32. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 14 .....	177
Tabla N° 5.33. Mediciones con Sonómetro. Punto N° 15 .....	179
Tabla N° 5.34. Mediciones con Sonómetro. Punto N°16 .....	184
Tabla N° 5.35. Resumen de Mediciones con Sonómetro. Tabla de Resultados .....	186
Tabla N° 5.36. Vehículos medidos .....	187
Tabla N° 5.37. Proporciones de mezclas-Dosificación Norma ACI-304.....	192
Tabla N° 5.38. Análisis de precio unitario.....	193

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2.1. Relación para el cálculo del efecto del gradiente en la vía.....	28
Gráfico N° 5.1. Curva granulométrica del agregado grueso.....	135
Gráfico N° 5.2 Curva Granulométrica agregado fino. Fuente Propia.....	136
Gráfico N° 5.3. Comparación de curvas. Punto N° 1. Fuente propia .....	150
Gráfico N° 5.4. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 1 .....	151
Gráfico N° 5.5. Comparación de curvas. Punto N° 2 .....	152
Gráfico N° 5.6. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 2.....	153
Gráfico N° 5.7. Comparación de curvas. Punto N° 3 .....	154
Gráfico N° 5.8. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 3.....	155
Gráfico N° 5.9. Comparación de curvas. Punto N° 4 .....	156
Gráfico N° 5.10. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 4.....	157
Gráfico N° 5.11. Comparación de curvas. Punto N° 5 .....	158
Gráfico N° 5.12. Comparación de curvas de calibración.....	159
Gráfico N° 5.13. Comparación de curvas. Punto N° 6 .....	161
Gráfico N° 5.14. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 6.....	161
Gráfico N° 5.15. Comparación de curvas. Punto N° 7 .....	163
Gráfico N° 5.16. Comparación de curvas. Punto N° 7 .....	163
Gráfico N° 5.17. Comparación de curvas. Punto N° 8 .....	165
Gráfico N° 5.18. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 8.....	165
Gráfico N° 5.19. Comparación de curvas. Punto N° 9 .....	167
Gráfico N° 5.20. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 9.....	167
Gráfico N° 5.21. Comparación de curvas. Punto N° 10 .....	169
Gráfico N° 5.22. Comparación de curvas. Punto N° 10 .....	170
Gráfico N° 5.23. Comparación de curvas. Punto N° 11 .....	172
Gráfico N° 5.24. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 11 .....	172
Gráfico N° 5.24. Comparación de curvas. Punto N° 12 .....	174
Gráfico N° 5.25. Comparación de curvas. Punto N° 12 .....	174
Gráfico N° 5.26. Comparación de curvas. Punto N° 13 .....	176
Gráfico N° 5.27. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 1 .....	176
Gráfico N° 5.28. Comparación de curvas. Punto N° 14 .....	178
Gráfico N° 5.29. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 14.....	178
Gráfico N° 5.30. Comparación de curvas. Punto N° 15 .....	180
Gráfico N° 5.31. Comparación de curvas de calibración. Punto N° 15.....	180
Gráfico N° 5.32. Comparación de curvas de los 15 puntos medidos.....	182
Gráfico N° 5.33. Comparación de curvas de calibración de los 15 puntos medidos .....	183
Gráfico N° 5.34. Comparación de curvas. EXPERIMENTO .....	184
Gráfico N° 5.35. Comparación de curvas. EXPERIMENTO .....	185

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Alteraciones del ruido debido a la densidad de Tráfico Rodado.....	25
Figura N° 2.2. Influencia de vehículos pesados en los niveles de ruido .....	25
Figura N° 2.3. Alteraciones del ruido producto de la velocidad .....	26
Figura N° 2.4 Reflexión de una onda en una superficie rígida .....	34
Figura N° 2.5. Frecuencias.....	36
Figura N° 2.6. Longitud de onda .....	37
Figura N° 2.7. Sonómetro .....	44
Figura N° 2.8. Enrasa-miento y alisado final del panel KOSMATKA.....	50
Figura N° 2.9. Aplicación del Hormigón Ligero .....	51
Figura N° 2.10. Distintos tipos de pantallas acústicas .....	54
Figura N° 2.11. Pantallas de hormigón .....	55
Figura N° 2.12. Pantallas metálicas .....	57
Figura N° 2.13.: Pantallas transparentes .....	59
Figura N° 2.14.: Pantallas transparentes .....	60
Figura N° 2.15.: Pantallas de GRC .....	62
Figura N° 2.16.: Pantallas de madera.....	63
Figura N° 2.17.: Pantallas mixtas .....	65
Figura N° 2.18.: Distintos tipos de pantallas jardinera .....	66
Figura N° 2.19 Diferentes usos de Pantallas Acústicas .....	67
Figura N° 3.1. Barrera Acústica un obstáculo. ....	78
Figura N° 3.2. Propagación de la onda sonora.....	79
Figura N° 3.3. Tipos de Frecuencias propagada .....	80
Figura N° 4.1. Transmisión de una onda a través de una pantalla .....	89
Figura N° 4.2. Reflexiones a evitar en pantallas acústicas .....	93
Figura N° 4.3. Reflexiones a evitar en pantallas acústicas .....	93
Figura N° 4.4. Esquema de Protección de un Edificio Contra el Ruido que Provoca una Carretera.....	99
Figura N° 4.5. Dimensiones mínimas de una pantalla de longitud finita .....	101
Figura N° 4.6. Esquema de ubicación de una pantalla.....	102
Figura N° 4.7. Esquema de ubicación de una pantalla.....	102
Figura N° 4.8. Diseño geométrico de una pantalla .....	103
Figura N° 4.9 Pantallas prefabricadas de hormigón ligero .....	106
Figura N° 4.10 materiales acústicos.....	110
Figura N° 4.11. Transmisión del sonido a través de una pantalla.....	111
Figura N° 4.12. Apantallamiento de una Barrera Acústica.....	112



Figura N° 4.13.Cimientos y anclajes .....	114
Figura N° 4.14 Poste Metálico Empotrado .....	115
Figura N° 5.1 Localización en la macro región .....	118
Figura N° 5.2 Plano de la zona: localización en la microrregión.....	119
Figura N° 5.3 Sonómetro .....	126
Figura N° 5.4 Sonómetro EXTECH Modelo 4775. Digital .....	126
Figura N°5.5 Ubicación de puntos en el tramo de estudio.....	127
Figura N° 5.6 Medición de ruido ambiental .....	130
Figura N° 5.7. Medidas de Placa Adoptado.....	131
Figura N° 5.8 Placa vista de Frente .....	131
Figura N° 5.9 Muestra de Agregados grueso y fino .....	132
Figura N° 5.10. Muestras de Dosificación.....	140
Figura N° 5.11. Encofrado.....	140
Figura N° 5.12. Equipo Utilizado .....	141
Figura N°5.13 Preparación del molde Fuente Propia .....	142
Figura N° 5.14. Encofrado Fuente Propia.....	142
Figura N° 5.15. Encofrado. In situ.....	142
Figura N°5. 16. Preparación de muestra .....	144
Figura N°5.17. Preparación vaciado del hormigón ligero, revenimiento.....	144
Figura N° 5.18. Testigos y Revenimiento.....	145
Figura N°5.19. Transporte del hormigón en el encofrado y golpeteo y apisonado.....	145
Figura N° 5.20. Placa vaciada o terminado.....	145
Figura N° 5.21. Desencofrado .....	46
Figura N°5.22. Rotura de Probetas .....	147
Figura N° 5.23 Placa Antirruído de H°L° .....	148
Figura N° 5.24. Montaje de las Placas Antirruído .....	148
Figura N° 5.25 Puntos de medición de ruido con placa.....	149
Figura N° 5.26. Esquina colon y circunvalación .....	151
Figura N° 5.27. Kínder “José Manuel Ávila” y circunvalación.....	153
Figura N° 5.28. Kínder “José Manuel Ávila” y circunvalación salida sur y calle Suipacha .....	155
Figura N° 5.29. Bajada sur cerca lavadero y circunvalación frete a la calle 17 de agosto.....	157
Figura N° 5.30. Subida norte frente cerca lavadero y circunvalación y calle 17 de Agosto.....	159
Figura N° 5.31. Esquina San Bernardo y circunvalación yendo al norte.....	162
Figura N° 5.32. Guardería y circunvalación subid sur.....	164
Figura N° 5.33. Bajada sur calle Santo Domingo y circunvalación yendo al sur .....	166
Figura N° 5.34. Subida norte calle Calle Santo Domingo y circunvalación y Farmacia .....	168
Figura N° 5.35. Esquina La Paz y Circunvalación subida norte .....	170
Figura N° 5.36. La Paz y circunvalación subida norte 17:05.....	173

Figura N° 5.37. Farmacia del sur y circunvalación salida norte 17:44 .....	175
Figura N° 5.38. Lavadero y circunvalación salida norte 18:26.....	177
Figura N° 5.39. Iglesia pentecostal y circunvalación salida norte 19:10 .....	181
Figura N° 5.40. Experimento .....	185
Figura N° 5.41. Experimento medición con placa, experimento .....	185
Figura N° 5.42. Pantallas mixtas de hormigón y transparente.....	191
Figura N° 5.43 Dimensiones de la Placa y el Encofrado .....	192
Figura N° 5.44. Listón .....	192