

## Evaluación de los niveles de ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Tarija, Bolivia

### *Evaluation of the environmental noise levels in the urban hull of the city of Tarija*

Gabriela Román

Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Calle Colón, Tarija-Bolivia

[gabrielaroman603@gmail.com](mailto:gabrielaroman603@gmail.com)

**Resumen:** El ruido ambiental se ha incrementado considerablemente en la ciudad de Tarija en los últimos años, debido al crecimiento económico y poblacional. El presente trabajo de investigación trata sobre la medición de los niveles de ruido ambiental emitidos en el casco urbano de la ciudad de Tarija, en el cual se pudo comparar el nivel de ruido ambiental con el límite permisible definido por el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica.

El 39 % de las mediciones realizadas excede los 68 dB con valores oscilantes entre 65 y 75 dB, entre los valores excedentes se registró un valor máximo de 100.9 dB generado por el paso de una motocicleta durante una de las mediciones, en las inmediaciones del palacio de justicia donde gran parte de la población espera el servicio de transporte público para desplazarse por la ciudad. Estos niveles producen hipoacusia marcada y severa (comunicación extremadamente difícil), además de pérdida de oído a largo plazo. Las principales fuentes emisoras de contaminación sonora registradas durante la investigación son las motocicletas (36%), seguido de bocinas de vehículos (34%), que afectan a la calidad de vida de las personas transeúntes por las calles centrales de la ciudad de Tarija.

**Palabras clave:** ruido ambiental, contaminación sonora, casco Urbano de la ciudad de Tarija, protocolo de medición.

**Abstract:** Environmental noise has increased considerably in the city of Tarija in recent years, due to economic and population growth. This research Project focuses on the measurement of environmental noise levels emitted in the urban center of Tarija. It compared environmental noise levels against those permissible by the Atmospheric Contamination regulations.

39% of the measurements taken exceeded 68 dB with oscillating values between 65 and 75 dB. Among the measurements there was a maximum value of 100.9 dB generated by a passing motorcycle, in the vicinity of the courthouse where a large part of the population waits for public transportation. These levels produce marked and severe hearing loss (extremely difficult communication), in addition to long-term hearing loss. The main source of noise pollution recorded during this investigation comes from motorcycles (36%), followed by vehicle horns (34%), which affect the quality of life of pedestrians along the streets of downtown Tarija.

**Keywords:** environmental noise, noise pollution, urban hull of the city of Tarija, measurement protocol.

## 1 Introducción

La presente investigación pretende evaluar los niveles de ruido ambiental emitidos por fuentes fijas y móviles, en el casco urbano de la ciudad de Tarija, posteriormente comparar los valores con los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (límite permisible 70 dB) y la Ley de Medio Ambiente N°1333 en su Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica identificados por las siglas (RMCA) (límite permisible 68 dB).

La ciudad de Tarija también denominada la capital de la sonrisa es uno de los centros turísticos más importantes del país, caracterizada por la tranquilidad y hospitalidad de sus habitantes, tales atributos están siendo vulnerados debido a la aglomeración de actividades como lo afirma el Gobierno Autónomo Municipal de la ciudad de Tarija (GAMT) en el Programa Municipal de Transporte (PROMUT), el centro de la ciudad ocupa el 5 % del espacio urbano, pero concentra a más del 50 % de las actividades como escuelas, administración, servicios, equipamiento, salud entre otros. Esta aglomeración de actividades conlleva al incremento de niveles de ruido ambiental que afectan de manera directa a la calidad de vida de las personas, cuyos efectos son la disminución de la capacidad laboral, estrés, dolor de cabeza, irritación, pérdida de sueño y pérdida de la audición a largo plazo entre otros. (9)

Por lo expuesto anteriormente se seleccionó como área de estudio dentro de esta investigación al Casco Urbano de la ciudad de Tarija.

El Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija hasta la fecha no cuenta con un estudio acerca de la contaminación sonora en la zona central de la ciudad, por lo cual es importante conocer el nivel de ruido ambiental en el área urbana para consiguientemente llevar a cabo las políticas que permitan controlar y mitigar las emisiones de ruido dentro de los márgenes admisibles para la salud.

## 2 Metodología

### 2.1 Diseño del estudio

El trabajo de medición se realizó en un periodo de 5 semanas, inició el 20 de junio y finalizó el 22 de julio del año 2016, el equipo de medición estaba conformado por 3 personas para realizar las siguientes tareas: manejo del equipo, toma de datos de fuentes emisoras y toma de niveles representativos del punto como ser valores mínimos, valores máximos (NPSmax) y el nivel de presión sonora equivalente (NPSeq).

## 2.2 Identificación de cuadrante de estudio

Se identificó como área de estudio al casco urbano de la ciudad de Tarija, cuadrante delimitado por las calles:

- Al sur, Suipacha
- Al norte, Ballivian
- Al este, Cochabamba
- Al oeste, Virginio Lema

La población de este cuadrante está conformada por 54 manzanos, siendo la muestra de 48 manzanos, mismos que fueron seleccionados considerando las zonas con mayor actividad comercial.

## 2.3 Determinación de puntos de medición

Se consideró que cada manzano tiene cuatro Puntos de Medición codificados bajo el siguiente formato (P.M.) referido a Punto de Medición, que corresponden a cada esquina del manzano, haciendo un total de 192 esquinas.

## 2.4 Formación de nodos

Finalmente se vio conveniente agrupar estas esquinas adyacentes en nodos, obteniendo un total de 64 nodos ver Figura 1, esto con el fin de facilitar el análisis de los valores obtenidos.

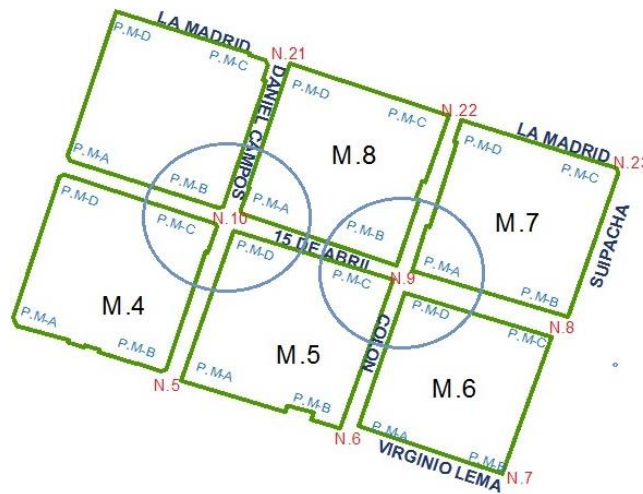


Figura 1: Puntos de medición

## 2.5 Procedimiento de medición

Las mediciones se tomaron en la escala de ponderación de tipo “A”, porque mide frecuencias bajas y es la que más se asemeja al espectro del oído humano. Se utilizó el tiempo de ponderación “SLOW”, debido a que este registra niveles de sonido intermitentes. (6) El sonómetro utilizado para realizar las mediciones de clase “II”, integrador.

El tiempo de medición fue en intervalos de 15 min equivalentes a 900 segundos, según lo recomendado por el RMCA, el sonómetro registro la intensidad durante el trascurso de los 900 segundos y el Nivel equivalente de cada punto de muestreo, obteniendo como resultado un total de 172,800 valores de niveles de ruido, registrados dentro del Casco Urbano de la ciudad de Tarija.

## 2.6 Horario de medición

Las mediciones fueron realizadas de lunes a viernes, considerando el intervalo de tiempo establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica, las mediciones iniciaron a las 7:30 am hasta las 21:00 pm, debido a que las actividades comerciales - laborales inician y finalizan en ese horario. La frecuencia de las mediciones fue discontinua de manera que se consideró una medición durante la mañana, medio día, tarde y noche, tratando de coincidir con horarios picos. La frecuencia de medición fue cada 10 min, tiempo que se demoraba en mover el equipo de medición a otro punto de medición.

## 3 Análisis de resultados

### 3.1 Comparación de niveles de ruido con los límites permisibles RMCA-OMS

Para el análisis de los niveles obtenidos, después del trabajo de campo se realizó una comparación con los límites establecidos por el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica y por los límites estipulados por la Organización Mundial de la Salud. Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 1. Tabla resumen RMCA Vs OMS

Reglamentos	Valores conforme los límites permisibles	Valores exceden los límites permisibles	Total
RMCA (68 dB)	50%	50%	100%
OMS (70 dB)	65%	35%	100%

Se observa poca diferencia entre los límites establecidos por el RMCA (68 dB) y la OMS(70dB), sin embargo, el porcentaje de valores que sobrepasan los límites establecidos tienen una variación significativa es decir incrementa un 15 %, que representa un total de veinte cinco mil novecientos veinte (25.920) valores que se encuentran en ese intervalo. Es decir que la población de Tarija cotidianamente es perjudicada por niveles de 65 – 75 dB. La Tabla 2 ilustra las afecciones en la salud a consecuencia de niveles elevados de ruido. (2)

Tabla 2. Valores críticos del ruido urbano

dB (A)	Efectos nocivos	Grado de hipoacusia
45	Probablemente interrupción del sueño	Audición normal
50	Malestar diurno moderado	Hipoacusia leve
55	Malestar diurno fuerte	Hipoacusia moderada
65	Comunicación verbal extremadamente difícil (Vos alta y a 30 cm)	Hipoacusia marcada
75	Pérdida del oído a largo plazo	Hipoacusia severa
110-140	Disminución permanente de la capacidad auditiva	Hipoacusia profunda

Nota: Valores extraídos de guías para ruido urbano OMS ( Bernabeu, 1997)

### 3.2 Análisis de fuentes generadoras de niveles máximos

Para el análisis de fuentes generadoras de niveles de ruido se realizó un registro de las fuentes que generan el nivel máximo de ruido percibido durante el intervalo de medición. Los resultados se observan en la Tabla 3.

Las motocicletas con escape libre son la principal fuente de contaminación sonora en el casco urbano de la ciudad de Tarija, debido a que los límites permisibles para este tipo de vehículo son elevados (84 dB). Como dato de interés, el Centro de Revisión Técnica Vehicular (CRTV) de la ciudad de Tarija realizó un control de emisión de ruido de motocicletas en el año 2016. Los resultados arrojan un 82 % de motocicletas excediendo límites permisibles con un nivel de 92 dB aproximadamente y sólo un 18 % aprobando con 80 dB.

Los bocinazos son ocasionados por la falta de educación vial por parte de los conductores de micros y taxis, debido a que estos no respetan las paradas establecidas y paran a recoger a sus pasajeros en cualquier momento y lugar,

interrumpiendo el paso vehicular provocando caos y molestia en los demás pasajeros.

Tabla 3. Porcentaje de fuentes emisoras de ruido ambiental

Fuente Emisora	Porcentaje
Motocicletas con escape libre	36%
Bocina de vehículos	34%
Publicidad auditiva (Parlantes, música de vehículos, etc.)	7%
Motor de vehículos antiguos	7%
Alarma	5%
Frenos	4%
Sirena	3%
Vuelo de avión	2%
Otros( llanto de niños, risas, marchas, bandas)	2%

### 3.3 Análisis estadístico del nivel de presión sonora equivalente (NPSeq) y de valores máximos (NPSmax)

Se realizó un análisis estadístico a través de tablas de distribución (con el objeto de identificar la frecuencia de los valores de nivel de presión sonora equivalente dentro de los intervalos edificados), se realizó también una torta estadística (con el fin de determinar el porcentaje de valores que representa cada intervalo).

Tabla 4. Distribución de frecuencia de NPSeq

Tabla de Distribución de Nivel de Presión Equivalente		
Intervalos de clase	Frecuencia	Porcentaje
74,8 - 72,8	2	3 %
72,8 - 70,8	5	8%
70,8 - 68,8	18	28%
68,8 - 66,8	22	34%
66,8 - 64,8	12	19%
64,8 - 62,8	5	8%
Total	64	100%

La Tabla 4 muestra una mayor incidencia de niveles de ruido en los intervalos de 67 dB a 71 dB, por ello la población de la ciudad de Tarija es propensa a adquirir hipoacusia marcada y severa, esto provoca que las personas tengan conversaciones en voz alta, para mejorar la comunicación entre ellos. (3)

Estos valores se incrementan debido a que las aceras pertenecientes al Casco Urbano, son muy estrechas y por ende el espacio que tiene el ruido para propagarse es muy corto de 1 metro aproximadamente. En las calles donde existe mayor actividad comercial – vehicular esto genera que la población reciba mayor impacto del ruido ya sea bocina, paso de motocicleta con escape libre, o el ruido emitido por el motor de vehículos antiguos.

La hipoacusia neurosensorial llamada “sordera nerviosa” puede ser adquirida de nacimiento, pero es también causada por la exposición de ruidos elevados. Una persona que padezca esta enfermedad en ambos oídos tendrá dificultades para entender el habla, incluso cuando esta suene lo suficientemente alta. Si la padece en un solo oído, puede que tenga problemas para localizar de donde provienen los sonidos o para oír con ruido de fondo. (9)

Realizando el análisis estadístico al Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS max) se obtiene la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla de Distribución de frecuencia de valores máximos

Tabla de Distribución de niveles máximos		
Intervalos de clase	Frecuencia	Porcentaje
101,5 - 98,5	3	5%
98,5 - 95,5	7	11%
95,5 - 92,5	13	20%
92,5 - 89,5	24	38%
89,5 - 86,5	13	20%
86,5 - 83,5	2	3%
83,5 - 80,5	2	3%
Total	64	100%

La Tabla 5 muestra que los valores máximos oscilan en mayor porcentaje dentro del intervalo de 87 dB y 96 dB, cabe mencionar que estos valores fueron registrados en horas picos que inician a las 7:30 a 8:30 por mañana, de 12: 00 a 12:40 en el medio día y de 18:00- 19:30 por la noche. Cabe resaltar que en el horario que se registró mayor incidencia de niveles máximos de ruido fue en la noche, se observó durante la medición que dichos horarios son muy diferenciados y de corta duración.

La mayoría de los valores pico estuvieron relacionados a ruidos intermitentes de motocicletas y bocinas, este hecho se refleja en el descenso brusco posterior a la

emisión del ruido, por lo que el nivel de ruido ambiental tiene mucha relación con el tiempo en que dura un suceso determinado.

En las mañanas y al medio día, los valores altos de medición se registraron en los nodos próximos a colegios debido al congestionamiento vehicular ocasionado por el transporte niños a clases.

A partir de las 20 horas, los niveles pico y máximos fueron generados por la circulación de motocicletas debido a que las calles en su mayoría se encuentran despejadas, entonces los motociclistas aprovechan esta situación, avanzando a mayor velocidad para poder pasar sin obstrucción los semáforos.

El valor pico máximo alcanzado durante todo el período de medición, fue de 100.9 dB perteneciente al nodo 38. Este valor fue obtenido en la calle Colón y Bolívar, medido en el intervalo de 18:42-18:57 pm, ocasionado por el paso de una motocicleta acompañado de bocinas. Ese sector es la parada que recibe a la gran mayoría de líneas, que se dirigen hacia la zona del Campesino o la zona de Senac.

### 3.4 Análisis conforme al RMCA de los diferentes nodos

Se realizó un análisis de los 64 nodos pertenecientes al casco Urbano de la ciudad de Tarija, para ello se verificó el número de nodos que exceden o están conformes a los límites establecidos por el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA – 68 dB), los resultados fueron los siguientes.

Tabla 6. Numero de nodos que exceden los límites establecidos

Referencia	Numero de nodos	Porcentaje
Exceden los límites permisibles (68dB)	25	39%
Conforme los limites (68dB)	39	61%
Total	64	100%

El 39 % de los nodos exceden los límites establecidos, y el 61 % están conformes. Cabe recalcar que estos resultados son alarmantes debido al impacto que genera en la población, considerando que existe un incremento desmesurado de actividades comerciales y tráfico vehicular. Sin dejar de lado el acelerado y desordenado crecimiento de la ciudad, su arquitectura de calles angostas en el casco viejo, la falta de educación vial, etc. Estos valores tienden a incrementar, por lo que se debe tomar las medidas necesarias por las unidades respectivas.

Por otro lado, es necesario indicar que los valores cotidianos de ruido obtenidos en los 64 nodos, oscilan entre los 65 y 75 dB, generando malestar en la población, hipoacusia leve – moderada.






### 3.5 Niveles de contaminación sonora en el Casco Urbano de la ciudad de Tarija

Para identificar las zonas con mayor contaminación sonora se elaboró un mapa donde por colores, se identifica el nivel de contaminación sonora, es importante mencionar que dicho grafico se realizó con el Nivel de Presión Equivalente debido a que es un nivel medio registrado en el lapso de medición, es decir, es el nivel que representa la contaminación diaria a la que está expuesta la población que circula por el casco Urbano.

El cuadro de referencia indica un color determinado para cada intervalo de nivel de presión sonora, fue extraído de la ISO-1996, donde se describen los criterios para la realización y confección de mapas de ruidos. El verde y/o pentágono representan intervalos de 60-65 dB. El rojo y/o triangulo representan intervalos de 65-70 dB. El morado y/o cuadrado representan intervalos de 70-75 dB.

Tabla 7. Nivel sonoro con su respectivo color

Color de referencia	Forma de referencia	Intervalos de Db
Verde (233)		60-65
Rojo (255)		65-70
Morado (68)		70-75

En la Figura 2 se observa que sólo cuatro nodos 1 (Virginio Lema- Juan Misael Saracho), 18 (Madrid – Campero), 60 (Fray Manuel Mingo -Sucre) y el nodo 62 (Fray Manuel Mingo. –Juan Misael Saracho) representados por el color verde y/o pentágono. Estos son los únicos nodos que están conforme a los límites establecidos.

Los restantes 60 nodos exceden los límites permisibles convirtiéndose en zonas de riesgo en el casco urbano de la ciudad de Tarija. 48 nodos pertenecen al intervalo (65-70 dB) representados por el color rojo y/o triangulo. Estos generan en la población hipoacusia marcada y comunicación extremadamente difícil, haciendo necesario elevar el tono de voz para poder comunicarse.

Es notorio que once nodos como ser el 29 (Ingavi - Campero), 28 (Ingavi- Gral. Trigo), 35 (Bolívar – Gral. Trigo), 45 (Domingo Paz- Campero), 44 (Domingo paz – Gral. Trigo), 50 (Corrado - Campero), 51 (Gral. Trigo – Corrado),

56 (Cochabamba - Suipacha), 54 (Colon - Corrado), 41 (Domingo Paz - Colon) y 40 (Domingo Paz - Suipacha), representados por el color morado y/o paralelogramo correspondiente a el intervalo de (70-75 dB) generan hipoacusia severa es decir que las personas deben elevar el tono de voz a 30 cm de distancia de la fuente receptora. A consecuencia de estos valores elevados se produce la pérdida del oído a largo plazo.

Estos son los niveles de ruido que afectan cotidianamente a la población de la ciudad de Tarija, emitidos por fuentes móviles como ser motocicletas con escape libre, bocinas, motores de vehículos antiguos o fuentes fijas como ser publicidad sonora en centros comerciales.

#### **4 Conclusiones**

- El protocolo de medición fue establecido a partir de la información recopilada, llevando a cabo con satisfacción el empleo del mismo, con algunas variaciones respecto al clima y dimensionamiento de las aceras que forman parte del cuadrante establecido.

- El 39 % de los nodos medidos excede los 68 dB establecidos por el RMCA y el 61 % es permisible. Los valores que exceden oscilan entre 65 y 75 dB, estos intervalos producen impactos en la población como ser comunicación extremadamente difícil y perdida del oído a largo plazo, además de hipo acústica marcada y severa. El valor máximo registrado durante la medición es de 100.9 dB, pertenece al nodo 38 ubicado en la calle Bolívar y Colon, a hora 18 PM, generado por el paso de una motocicleta y bocinas.

- Como resultado secundario de este trabajo de investigación se descubrió que las calles con mayor tráfico de vehículos livianos son: la calle Ballivian debido a que es el conector de la zona central con la zona del campesino; las calles Corrado, Ballivian y Colon que tienen mayor afluencia de motocicletas, que son la principal fuente generadora de contaminación sonora en el cuadrante de estudio. La mayor afluencia de micros se da en las calles Domingo Paz y Bolívar, donde se registraron elevados valores debido a que son la cuarta fuente emisora de niveles elevados de ruido.

- Las principales fuentes generadoras de ruido son las motocicletas que circulan con el escape libre, el uso de bocinas en vehículos particulares y micros, y la publicidad auditiva ya sea móvil o fija, cierto porcentaje pertenece al motor de vehículos antiguos (micros).

- Se registraron valores elevados de niveles de ruido en calle Domingo Paz y Gral. Trigo, debido a la concentración de actividades económicas y flujo vehicular. En la calle Bolívar también se da elevados niveles de ruido generado por la congestión vehicular ocasionado por la afluencia de micros y motocicletas.

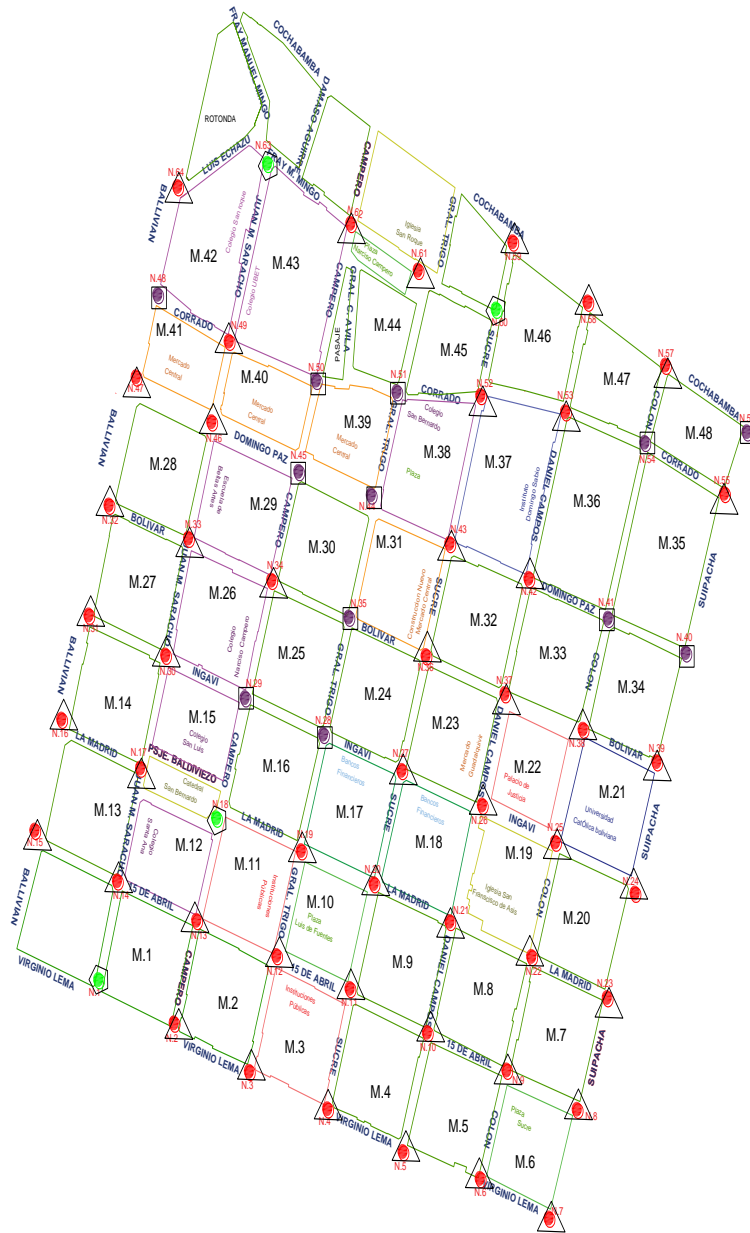


Figura 2: Representación gráfica del nivel de presión equivalente.  
Fuente: Elaboración Propia

## 5 Recomendaciones

- El protocolo establecido en la presente investigación, es recomendado para cualquier tipo de estudio enfocado a la medición de ruido ambiental.

- Para mitigar los niveles de contaminación sonora, se recomienda optar por la construcción de jardines verticales en las calles peatonales para absorber y minimizar la contaminación acústica. Esto implica un bajo costo y fácil mantenimiento, además de generar un ambiente agradable para la población que transita por esos lugares. También se debe incentivar a la población sobre el uso y beneficios que conlleva el manejo de las bicicletas.
- Es importante concientizar a la población sobre educación vial, para evitar estacionamientos en cualquier momento y lugar de igual manera a los conductores-as de movilidades y motocicletas el uso de las bocinas para incidir en el vivir bien.
- De acuerdo a la información recolectada se recomienda a las unidades correspondientes a analizar e incorporar planes de riesgo sobre el aumento de la contaminación sonora en el casco Urbano de la ciudad de Tarija, porque estos tienden a incrementar en consecuencia del aumento del tráfico vehicular y de actividades comerciales.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Arnold, E. (5 de Julio de 2016). Tarija, capital de la sonrisa. *El periodico de Bolivia*.
- [2] Berglund, & otros. (1999). *Guías para el ruido urbano*. Londres: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- [3] Bernabeu, D. (1997). *Efectos de l ruido sobre la salud*. Madrid: S. ed.  
[http://www.sistemasynkro.com/docs/Efectos\\_del\\_ruido\\_sobre\\_la\\_salud\\_la\\_%20sociedad\\_y\\_la\\_econom%C3%ADa.pdf](http://www.sistemasynkro.com/docs/Efectos_del_ruido_sobre_la_salud_la_%20sociedad_y_la_econom%C3%ADa.pdf). 08/08/2016.
- [4] Bravo, L. (2002). *Propuesta de modelo de gestion de ruido para el distrito de Quito, Ecuador*. Tesis de licenciatura. Chile: Universidad Austral de Chile.
- [5] Castiñeira, F. J. (2011). Contribución al estudio del ruido ambiental en la ciudad de Ferrol, análisis comparativo 1992 y 1997. Concelo de Ferrol.
- [6] Cyril , H. (1995). *Manual de Medidas Austicas y Control del Ruido*. Madrid: Interamerica de España, S.A.
- [7] GAMT. (2005). Plan de Ordenamiento Urbano . Tarija.
- [8] Miyara, F. (28 de 06 de 2011). *Que es el ruido*. Obtenido de Biblioteca virtual - Univesidad Nacional de Rosario: [www.eie.tceia.edu.ar/acustica/comite.html](http://www.eie.tceia.edu.ar/acustica/comite.html)
- [9] Tobias, A. (2002). *Efectos de los niveles de ruido en el medio ambiente*. Madrid: Revista Europea de Epidemiologia, pag 15.