



**UAJMS**

Universidad Autónoma  
Juan Misael Saracho

Facultad de Ciencias y  
Tecnología

Departamento de Investigación  
Ciencia y Tecnología

**Revista**

# ■ CIENCIA SUR

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

(En línea)

ISSN: 2789-4738

(Impreso)

ISSN: 2518-4792

Número

**08**

Vol. 7

**REVISTA CIENTÍFICA**

Departamento de Investigación Ciencia y Tecnología

**Abril 2022**

**CS**  
Ciencia Sur

**UAJMS**

Universidad Autónoma  
Juan Misael Saracho

Facultad de Ciencias y  
Tecnología

Departamento de Investigación  
Ciencia y Tecnología

**Revista**

# **■ CIENCIA SUR**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

*(En línea)*

**ISSN: 2789-4738**

*(Impreso)*

**ISSN: 2518-4792**

Número

**08**

Vol. 7

**REVISTA CIENTÍFICA**

Departamento de Investigación Ciencia y Tecnología

**Abril 2022**

**CS**

Ciencia Sur

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

## JUAN MISAEL SARACHO

### AUTORIDADES

*M.Sc. Ing. Henry Valdez Huanca*  
Rector a.i.

*M. Sc. Olga Martínez Revollo*  
Vicerrectora a.i.

*M. Sc. Ing. Jorge Tejerina Oller*  
Director DICYT

*M. Sc. Ing. Aurelio Jose Navia Ojeda*  
Decano a.i. de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

*M. Sc. Ing. Marlene Beatriz Simons Sanchez*  
Vicedecana a.i. de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Editora

M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado

Sitio web

<http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ciencia-sur>

Correo Electrónico

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

Diagramación:

*Beatriz Tatiana Quispe Donaire*

*Betsai Jhoana Morales Ustarez*

*Christian Elmer Fernandez Colque*

Diseño:

Israel Marino Jerez

Publicación financiada por el proyecto:

“Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma  
Juan Misael Saracho”

# CONSEJO EDITORIAL

*M.Sc. Ing. Henrry Monzón de los Ríos*  
Dpto. de Hidraulica y Obras Sanitarias

*M.Sc. Ing. Laura Soto Salgado*  
Dpto. de Topografía y Vias de Comunicación

*Ph. D. Ing. Alberto Benítez Reynoso*  
Dpto. Estructuras Y Ciencias De Los Materiales

*M.Sc. Arq. Ma. Antonieta Rueda Mogro*  
Dpto. Arquitectura y Urbanismo

*M.Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz*  
Dpto. Biotecnología Y Ciencias De Los Alimentos

*M.Sc. Ing. Rene Michel Cortez*  
Dpto. Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales

*M.Sc. Ing Silvana Paz Ramírez*  
Dpto. Informática y Sistemas

*Editora*  
M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado



# PRESENTACIÓN

El objetivo de la revista Ciencia Sur es de vincular las diferentes disciplinas y crear un espacio para divulgar y debatir las investigaciones que se realizan en los diferentes campos del saber. Es de esta manera que el fin de la revista “Ciencia Sur” es la Investigación y la Divulgación científica en torno a una visión multidisciplinar de la ciencia y de la sociedad.

Es importante la participación de la comunidad científica, toda vez que de ello dependerá los alcances de la revista, donde cada uno de ellos serán los protagonistas y presentarán cada una de sus investigaciones.

La revista ambiciona motivar la investigación y sobre todo la participación, buscando nuevas ideas, materiales y tecnologías en cada una de las disciplinas de la facultad, así como fomentar la inquietud y el debate en torno a las nuevas ideas que vayan surgiendo por las disciplinas científicas, sin embargo, esperamos que las ideas que se manifiesten sean útiles a la sociedad y que puedan disponer de los diversos hallazgos, materiales y nuevas metodologías obtenidas.

Con seguridad los objetivos de la revista, y sobre todo la porción de ilusión con la que se viene realizando la revista, no sean equitativos, por lo prudente y pertinente que es la publicación de cada una de las investigaciones presentada por los autores.

Los miembros del Consejo Editorial de la revista agradecen la participación de los investigadores de la facultad y están plenamente convencidos que el seguir trabajando es un desafío que vale la enfrentar, esperemos que en el futuro muchas otras personas formen parte de este proyecto.

*La editora*

# ÍNDICE

# CONTENIDO

1.	Determinación de la plasticidad de los suelos del distrito 12 del Municipio de Cercado . . . . .	1
	<i>Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo</i>	
2.	Estrés Pre-Abate del vacuno y su efecto en el (ph y acidéz) en la calidad de la carne en los mataderos municipal de Tarija Y San Luis De Entre Ríos . . . . .	13
	<i>Alvaro Gabriel Benítez Aranibar, Erick Ramírez Ruiz.</i>	
3.	Pérdidas de Presfuerzo bajo AASHTO Standard y Eurocódigo 2. . . . .	26
	<i>Michael Willy Echalar Flores</i>	
4.	Evaluación Geo-Estadística de la radiación solar, a través de imágenes Goes - datos observación Meteorológica en el Departamento de Tarija . . . . .	37
	<i>Adelaida Evelyn Escalante Álvarez</i>	
5.	Reordenamiento de la movilidad urbana en el barrio “los Mecánicos”. . . . .	59
	<i>María Antonieta Rueda Mogro, Limbert Martínez Castillo, Hector Brayan Bejarano Bautista, Alvaro Alejo Gutiérrez.</i>	
6.	Calibración y validación de un modelo hidrológico mediante el weap método humedad del suelo, para la cuenca alta del Río Guadalquivir . . . . .	72
	<i>Moisés Agustín Lozano Velásquez, Khalil Valeriano León</i>	
7.	Ciudad Blindada . . . . .	89
	<i>Cristian Federico Martínez De Los Ríos</i>	

# ARTÍCULO 1

# Determinación de la plasticidad de los suelos del distrito 12 del municipio de Cercado

## Determination of the plasticity of the soils of district 12 of the Municipality of Closing

Baldiviezo Montalvo Trinidad Cinthia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Master en Educación Superior, Docente Universitario de Ingeniería Civil UAJMS. Estudiante del Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.*

<sup>1</sup> **Correspondencia del autor(es):** [baldiviezomontalvot@gmail.com](mailto:baldiviezomontalvot@gmail.com), dirección.

### Resumen

El presente trabajo está basado en la determinación de la plasticidad de los suelos en el Distrito 12 de la ciudad de Tarija, con el propósito de identificarlos dentro del rango de variaciones de Índice de Plasticidad definido por Atterberg, para ello se tomó 45 muestras de suelo en los 5 barrios que constituyen el distrito mencionado, que ha permitido establecer una tendencia con ligeras variaciones que no son representativas llegando a la conclusión que el 11,11 % son suelos débilmente plásticos, 51,11 son medianamente plásticos y finalmente el 37,78 altamente plásticos.

Llegando a la conclusión que antes de realizar cualquier fundación en estos tipos de suelo amerita un estudio de suelos que garantice la ejecución de dicha obra.

La presencia de suelos plásticos podría provocar asentamientos y fisuras en las viviendas, deterioros prematuros y/o permanentes en la rodadura de las calles como también en el caso de taludes el posible deslizamiento de laderas que de no ser estabilizadas podrían sufrir deslizamientos con resultados catastróficos.

**Palabras clave:** Muestreo, plasticidad, fundaciones, talud, rodadura, ladera.

### Abstract

The present work is based on the determination of the plasticity of soils in District 12 with the purpose of identifying them within the range of variations of the Plasticity Index defined by Atterberg, for this, 45 soil samples were taken that allowed us to establish a trend with slight variations that are not representative, concluding that 11.11% are weakly plastic, 51.11 are moderately plastic and 37.78 are highly plastic. Coming to the conclusion that before making any foundation in these types of soils they merit a soil study that guarantees the execution of said work. How plastic floors as foundation floor affect the design and construction of civil works.

The presence of plastic floors could cause settlements and cracks in the houses, premature and / or permanent deterioration in the rolling of the streets as well as in the case of slopes the possible landslide of hillsides that, if not stabilized, could suffer landslides with catastrophic results.

**Keywords:** Sampling, plasticity, foundations, slope, rolling, hillside.

## 1. Introducción

Del origen de los suelos en el Valle Central de Tarija tal como está definido en el proyecto Zonificación Agroecológica y Socioeconómica Departamento de Tarija, (2001) que define que: Los materiales fluvio-lacustres del Valle Central de Tarija fueron depositados en una cuenca lacustre que inicialmente estaba conformada por dos lagos, ubicados al sur y sudeste de la ciudad de Tarija, y que posteriormente formaron un solo lago, siendo este receptáculo de materiales procedentes de las partes altas de la cuenca, durante los periodos secos y húmedos del Pleistoceno medio al Pleistoceno superior (Suárez, 1996).

Las rocas más antiguas de la ciudad de Tarija, corresponden a unidades de edad Ordovícica, las cuales tienen una edad de 500 millones de años, y no así las rocas de edad Silúrica, restringidas al sector este y noreste de la ciudad de Tarija, particularmente en los núcleos Sinclinales, conformando inversiones de relieve local por erosión diferencial.

Los sedimentos al Cuaternario, adquieren una representatividad y difusión, rellenando la depresión de la Cuenca Lacustre de Tarija, definida por los bordes elevados de los cortes orográficos conformados por las antiguas rocas.

En el sistema Ordovícico, con tendencia a grano creciente hacia la parte superior de la secuencia, se distinguen formaciones como:

- ⊙ Formación Cieneguillas (Oci)
- ⊙ Formación Obispo (Oob)
- ⊙ Formación Sella (Ose)

El Sistema Cuaternario presenta características de sedimentos que son de amplia difusión en el área de investigación, tiene límites definidos por cordones orográficos, constituidos por rocas paleozoicas, que configuran una antigua “Cuenca Cuaternaria”, que hizo las veces de receptáculo de todo material proveniente de las partes altas.

En estos sedimentos recientes, tiene su mayor influencia la actividad humana en labores de cultivo y desarrollo urbanístico, por lo que definitivamente la presencia del hombre, incide en su estado de deterioro o conservación. (Vega, 2004)

Por otra parte Atterberg definió la **plasticidad** como la capacidad de un suelo de ser deformado, y observó que los suelos arcillosos en condiciones húmedas son plásticos y se vuelven muy duros en condiciones secas, que los limos no son necesariamente plásticos y se vuelven menos duros con el secado, y que las arenas son friables en condiciones sueltas y secas. También observó que existían arcillas altamente plásticas y otras de baja plasticidad. Estableciendo el siguiente rango de variación: Osorio (2010).

- Suelos friables o desmenuzables ( $IP < 1$ )
- Suelos débilmente plásticos ( $1 < IP < 7$ )
- Suelos medianamente plásticos ( $7 < IP < 15$ )
- Suelos altamente plásticos ( $IP > 15$ )

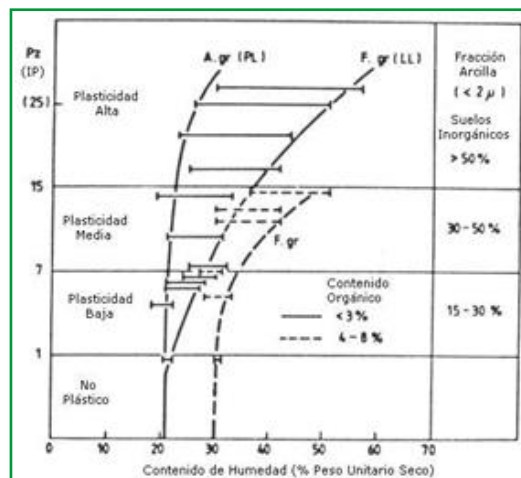


Fig. N°1: Carta de Plasticidad de Atterberg (1911)

Fuente: Osorio S. (2010)

Los materiales cuyo límite líquido (LL) es menor que 50 son de baja plasticidad y los que quedan hacia la derecha son de alta plasticidad. Los materiales con LL superiores a 100 se consideran de muy alta plasticidad. (Olivera F., 2009)

Algo que es de conocimiento técnico en Tarija es que, los suelos que predominan en el municipio de Cercado corresponde a suelos finos con presencia de arcilla en su composición y es precisamente esta arcilla que le da la plasticidad a los suelos, haciendo que sean inestables y malos en especial cuando hay presencia de agua su comportamiento es muy complejo, pues se ablandan y su resistencia disminuye considerablemente situación que es muy desfavorable para la fundación de obras civiles.

El objetivo de la investigación es determinar la plasticidad de los suelos del distrito 12 representados por su Índice de Plasticidad, en un rango de variaciones definidos por Atterberg.

De las investigaciones realizadas en la zona de interés se tiene la siguiente información:

Zona	% PASA N° 200	Plasticidad		Clasificación AASHTO	Compactación		CBR %
		LL	IP		D <sub>max</sub>	CHO (%)	
Miraflores	95,76	50	20	A-7-6(14)	1,74	18,19	2

Tabla N°1: Estabilización de suelos arcillosos con sustancia cementante (ceniza de cascarilla de arroz cal)

Fuente: Camata Cari N. (2014)

Investigación centrada en el mejoramiento de suelos arcillosos de capas subrasantes para el diseño de pavimentos.

Por otra parte Velasquez (2014) en el proyecto de investigación de Caracterización de suelos compresibles en el análisis del asentamiento bajo carga permanente, evalúa los suelos con el propósito de determinar los asentamientos de los suelos en diferentes barrios de la ciudad de Tarija.

Zona de estudio	% PASA N° 200	Plasticidad		Clasificación AASHTO
		LL	IP	
Miraflores	95,76	50	20	A-7-6(14)

Tabla N°2: Caracterización de suelos compresibles en el análisis del asentamiento bajo carga permanente

Fuente: Velásquez Portales O. (2014).

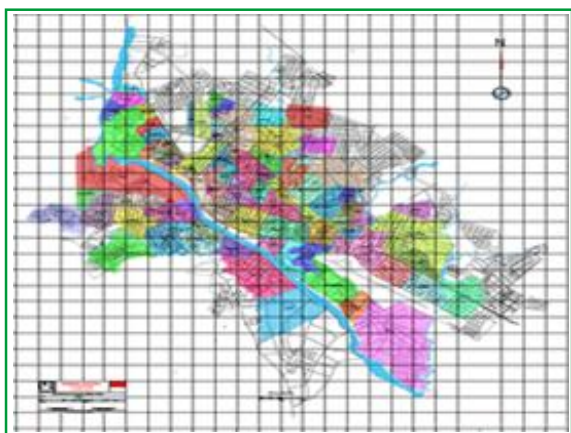
Otra investigación en la que se ha estudiado los suelos finos en la zona de interés es la desarrollada por Ríos (2014), con el propósito de realizar la caracterización de suelos en distintas zonas y barrios correspondientes a la provincia cercado de la ciudad de Tarija.

Zona de estudio	% PASA N° 200	Plasticidad		Clasificación AASHTO
		LL	IP	
Miraflores	96,80	48	16	A-7-5(12)
Miraflores	99,56	47	11	A-7-5(10)
Miraflores	89,68	33	6	A-4(8)

Tabla N°3: Análisis comparativo de la resistencia admisible en suelos finos determinada por los métodos SPT y Cono Holandés

Fuente: Ríos Galarza F. (2014)

En los últimos años en el municipio de Cercado se ha tenido un crecimiento importante de nuevas urbanizaciones en las zonas periurbanas, es de especial interés para esta investigación el distrito 12 ubicado en la margen derecha del Río Guadalquivir, donde se evidencia un crecimiento importante de construcciones no solo de viviendas unifamiliares sino también edificios y condominios, fenómeno que conlleva a una evolución importante en el desarrollo de las urbanizaciones como instalación de servicios básicos, apertura de calles, cortes de suelos tanto para excavaciones como para taludes, etc. obras que, necesarias para mejorar la calidad de vida de la población en este distrito y sus alrededores.



Plano N°1: Plano General De La Ciudad De Tarija  
Fuente: H.A.M. Cercado

El distrito 12 tiene una superficie de 6116404, 31 m<sup>2</sup>, conformado por los barrios de Aranjuez con una población de 785 habitantes, Germán Busch con una población de 1431 habitantes, Miraflores con una población de 726 habitantes, San Blas con una población de 130 habitantes y San Martín con una población de 1799 habitantes. INE (Censo, 2012)

Zona muy cotizada por inversionistas y población en general pero además una proyección que se construirán varias obras de impacto que están proyectadas por el Gobierno Municipal como la Planta de Tratamiento de San Blas, puentes que atravesarán el río Guadalquivir entre otras que

con seguridad llevaran a un mayor desarrollo a este distrito.

En consecuencia urge realizar estudios sobre la plasticidad de los suelos en este distrito y socializarlo con las autoridades y técnicos municipales como para que la población en general tenga conocimiento de que para realizar la construcción de una obra civil en el suelo natural este tiene una característica importante de plasticidad que la debe considerar entre otras características del suelo y es obviamente indispensable un estudio de suelos para que una edificación garantice seguridad sobre todo en la inversión y en su humanidad. A través de esta publicación se brindara una referencia de las propiedades plásticas de los suelos que pueden afectar las construcciones cuando estas sean sometidas a cargas que se podrían aplicar al suelo antes que este llegue a su punto más crítico o de falla, resultados que de ninguna manera reemplazan un estudio de suelos propio en cada lugar que se vaya a emplazar alguna obra civil como apertura de calles, conformación de terraplenes, conformación de taludes, muros de contención, fundaciones, etc.

Es importante participar a las instituciones municipales y población en general que se debe hacer estudios de suelos que garanticen las construcciones y se eviten desastres asentamientos, deslizamientos de taludes, pérdida de viviendas y sobre todo pérdida de vidas humanas.

Un antecedente de esta falta de aplicación técnica con respecto al suelo es el deslizamiento suscitado en la ciudad de La Paz el pasado 30 de abril de 2019, en el que al final de la noche quedaron sepultadas, en total, 64 viviendas que dejaron en la calle a 88 familias. Según las autoridades, 380 personas están ahora sin un techo. Página SIETE (mayo, 2019)

Determinar la plasticidad de los suelos del distrito 12 representados por su Índice de Plasticidad, en un rango de variaciones definidos por Atterberg.



## 2. Materiales Y Métodos

### 2.1. Materiales

#### 2.1.1. Análisis granulométrico

Balanza: De una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente donde se va a pesar; la precisión de 0,1 g para muestras menores que 1.000 g y de 1 g para muestras mayores que 1.000 g.

Tamices: Deben ser tejidos, de alambre, abertura cuadrada, tensados. |

Horno: Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.

Mortero: Con triturador de caucho para disgregar las partículas aglomeradas, sin reducir el tamaño de los granos individuales.

Herramientas y accesorios: Espátulas, brochas, recipientes para secado de muestras, recipientes para pesaje, etc.

#### 2.1.2. Plasticidad

Plato de evaporación: Deben ser de aluminio, bronce o acero inoxidable.

Espátula: Debe contar con una hoja flexible de aproximadamente 75 mm de largo y 20 mm de ancho.

Aparato de Límite Líquido (Máquina Casagrande) Taza de bronce con una masa de  $200 \pm 20$  g, montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de plástico duro de una resiliencia tal que una bolita de acero de 8 mm de diámetro, dejada caer libremente desde una altura de 25 cm, rebote entre un 75 y un 90%.

Acanalador (ranurador)

Superficie de amasado: Placa de vidrio esmerilado de 20 x 20 cm.

Cápsulas para secado: Deben ser de aluminio, bronce o acero inoxidable.

Balanza: Debe tener una precisión de 0,01 g.

Probeta graduada: Debe tener una capacidad mínima de 25 ml.

Patrón de comparación Alambre o plástico de 3 mm de diámetro. (Bernier)

Horno: Debe tener circulación de aire y temperatura regulable, capaz de mantener una temperatura de  $60 \pm 5$  °C.

#### 2.1.3. Métodos

La metodología fue eminentemente experimental y se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija – Bolivia.

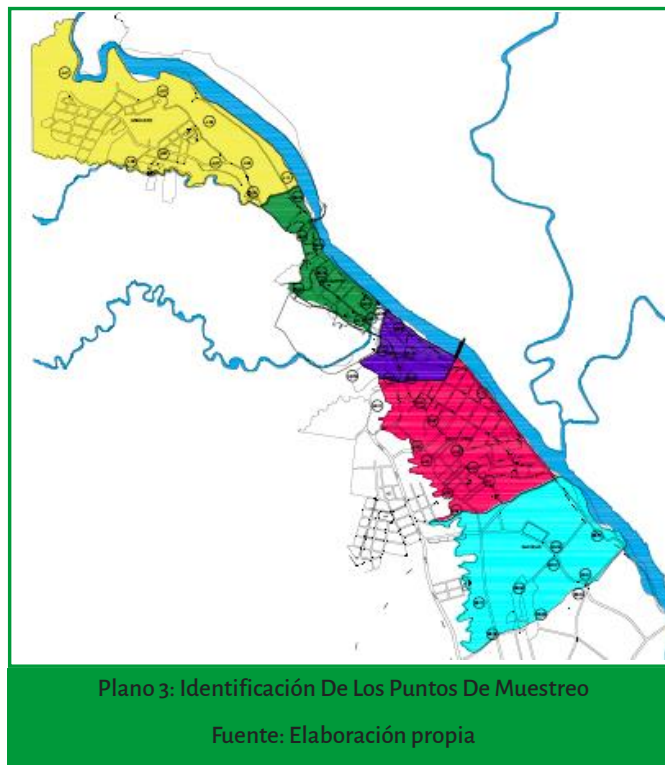
El municipio de Cercado está conformado por 13 distritos con una superficie de 41009554,1 m<sup>2</sup> cuya superficie es demasiado extensa para su evaluación, por lo que se determinó realizar un muestreo estratificado seleccionando como zona de estudio el Distrito 12, por ser una zona potencial para el desarrollo urbano no solo porque existe una superficie considerable que aún no ha sido edificada sino también por el mayor número de edificios y condominios construidos a la fecha en esa zona y obras como la planta de tratamiento, la Villa Olímpica, etc.



De la población se tomó puntos aleatorios para el muestreo en un total de 10 muestras para 4 barrios y solo en el caso del barrio San Martín 5 muestras en primer lugar por el área que es menor y en segundo lugar por la densidad de las construcciones no existe disponibilidad de espacio.

La técnica empleada fue la observación científica, porque todos los resultados obtenidos son producto de ensayos de laboratorio que están normados y que fueron valorados para su interpretación luego de un proceso de gabinete dentro del rango de Índice de Plasticidad que propone Atterberg.

En primer lugar se realizó la extracción de muestras siguiendo el procedimiento establecido por La Administradora Boliviana de Carreteras mediante los procedimientos S0103 (investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería (ASTM D420 AASHTO T86)) y S0201 (conservación y transporte de muestras de suelos (ASTM D4220)).



Se realizó una codificación de las muestras por barrios en un total de 10 muestras por barrio, con excepción del barrio San Martín por la superficie se tomó solo 5 muestras, cada una con sus respectivas coordenadas haciendo un total de 45 muestras que se procedió a su correspondiente caracterización en el Laboratorio de Suelos.

Para la codificación de las muestras se tomó las letras que corresponden al barrio seguidas de los números de acuerdo al número de muestra del 01 al 10:

San Blas: SB

Miraflores: MF

Germán Buch: GB

San Martín: SM

Aranjuez: AJ

N° Muestra	Coordenadas	
	Latitud (-) (Sur)	Longitud (-) (Oeste)
SBO1	21,560323	64,716152
SBO2	21,564499	64,717546
SBO3	21,565346	64,717504
SBO4	21,573707	64,714795
SBO5	21,568631	64,721379
SBO6	21,565232	64,723565
SBO7	21,56181	64,719913
SBO8	21,561977	64,720082
SBO9	21,570511	64,727944
SBO10	21,567683	64,730503
MR01	21,555644	64,726568
MR02	21,554805	64,727728
MR03	21,555892	64,730711
MR04	21,556578	64,730876
MR05	21,552495	64,729961
MR06	21,551298	64,732146
MR07	21,55022	64,73161
MR08	21,551625	64,731711
MR09	21,548486	64,733313
MR10	21,547908	64,727051
GB01	21,550646	64,736212
GB02	21,546732	64,73538
GB03	21,546403	64,735785
GB04	21,542427	64,737211
GB05	21,54387	64,737007
GB06	21,545335	64,740936
GB07	21,541933	64,737673
GB08	21,541825	64,734935
GB09	21,538781	64,741098
GB010	21,540571	64,739625
SM01	21,536898	64,743467
SM02	21,535383	64,743378
SM03	21,536611	64,742327
SM04	21,535001	64,741426
SM05	21,530955	64,743253
AJ01	21,520362	64,765688
AJ02	21,521662	64,755955
AJ03	21,524253	64,752251
AJ04	21,518241	64,74719
AJ05	21,527574	64,757513
AJ06	21,526854	64,75608
AJ07	21,527852	64,75067
AJ08	21,528827	64,74776
AJ09	21,530895	64,747079
AJ10	21,529561	64,74427

Tabla N°4: Coordenadas De Los Puntos De Muestreo

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se clasifico los suelos tanto por Unified Soil Classification System ( Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS): ASTM D2487, como por el método de La American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes AASHTO): ASTM D3282, en base a los ensayos de:

Contenido de agua (humedad) de suelos y rocas: ASTM D2216

Método para el análisis del tamaño de las partículas: ASTM D422 y AASHTO T88 por medio de cribado.



Método de prueba para determinar la consistencia de los suelos: ASTM D4318 (Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad). Las técnicas empleadas fueron de investigación documental como de campo (observación), que permitió recabar toda la información, toma de datos e interpretación e resultados.



### 3. Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos de la plasticidad y granulometría se tiene:

N° Muestra	% pasa N° 200	LL	LP	IP
SBO1	99,09	49,01	34,42	14,59
SBO2	86,75	45,02	25,76	19,26
SBO3	90,5	45,12	26,24	18,88
SBO4	98,63	51,48	21,67	29,81
SBO5	96,45	48,02	22,43	25,59
SBO6	93,74	45,16	22,41	22,75
SBO7	88,94	39,53	18,45	21,08
SBO8	90,32	41,23	22,05	19,18
SBO9	63,1	39,4	25,137	14,263
SBO10	99,1	40,49	25,88	14,61
MR01	94,11	45,98	34,02	11,96
MR02	97,22	41,12	17,95	23,17
MR03	99,72	38,09	15,24	22,85
MR04	98,3	48,38	31,94	16,44
MR05	99,12	41,73	31,23	10,5
MR06	98,77	35,85	26,59	12,26
MR07	97,74	45,26	33,74	11,52
MR08	99,5	38,26	25,87	12,39
MR09	78,67	25,87	19,48	6,38
MR10	63,27	26,07	19,29	6,78
GB01	96,15	48,52	32,01	16,51
GB02	88,62	45,76	28,95	16,81
GB03	97,33	43,65	28,94	14,71
GB04	90,21	43,65	27,99	15,66
GB05	97,9	47,55	28,09	19,46
GB06	96,8	48,01	32,55	15,46
GB07	99,56	47,75	35,23	12,52
GB08	89,68	33,73	27,95	5,78
GB09	84,37	28,23	20,51	7,72
GB10	62,5	26,83	19,98	6,84
SM01	71,4	30	17,4	12,6
SM02	86,6	38	25,6	12,4
SM03	85	43,1	32,5	10,6
SM04	58,54	22,021	0	22,021
SM05	83,1	30	21,63	8,37
AJ01	96	53,6	41,5	12,1
AJ02	98,5	51,33	25,26	26,07
AJ03	67,52	28,76	17,17	11,59
AJ04	72,45	29,05	17,82	11,23
AJ05	58,82	28,82	17,66	11,16
AJ06	60,29	28,98	17,17	11,81
AJ07	56,93	26,47	14,78	11,69
AJ08	46,5	29,83	18,14	11,69
AJ09	36,67	30,01	21,13	8,88
AJ10	36,07	28,95	22,05	6,9

Tabla N°5: Resultados De La Granulometría Y Plasticidad De Los Suelos

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de los ensayos de caracterización de los suelos granulometría y plasticidad se tiene la clasificación tanto por el sistema Unificado como AASHTO, que se detalla a continuación:

N° Muestra	Clasificación	
	AASHTO	SUCS
SBO1	A-7-5(20)	CL
SBO2	A-7-6(20)	CL
SBO3	A-7-6(20)	CL
SBO4	A-7-6(20)	CH
SBO5	A-7-6(20)	CL
SBO6	A-7-6(20)	CL
SBO7	A-6(20)	CL
SBO8	A-7-6(20)	CL
SBO9	A-6(8)	CL
SBO10	A-7-6(18)	CL
MR01	A-7-5(20)	CL
MR02	A-7-6(20)	CL
MR03	A-6(20)	CL
MR04	A-7-5(20)	CL
MR05	A-7-5(16)	CL
MR06	A-6(17)	CL
MR07	A-7-5(18)	CL
MR08	A-6(17)	CL
MR09	A-4(15)	ML-CL
MR10	A-4(6)	ML-CL
GB01	A-7-5(20)	CL
GB02	A-7-6(20)	CL
GB03	A-7-6(19)	CL
GB04	A-7-6(20)	CL
GB05	A-7-6(20)	CL
GB06	A-7-5(20)	CL
GB07	A-7-519	CL
GB08	A-4(15)	ML-CL
GB09	A-4(15)	CL
GB10	A-6(6)	CL
SM01	A-6(9)	CL
SM02	A-6(17)	CL
SM03	A-7-5(17)	CL
SM04	A-7-5(12)	CL
SM05	A-4(15)	CL
AJ01	A-7-5(20)	CL
AJ02	A-7-6(20)	CH
AJ03	A-6(8)	CL
AJ04	A-6(9)	CL
AJ05	A-6(6)	CL
AJ06	A-6(7)	CL
AJ07	A-6(6)	CL
AJ08	A-6(3)	CL
AJ09	A-4(1)	CL
AJ10	A-4(1)	CL

Tabla N°6: Resultados De Clasificación De Los Suelos

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se procedió a la categorización de los suelos en base a su Índice de Plasticidad según Atterberg:

Variación IP	IP<1	1<IP<7	7<IP<15	IP>15
N° Muestras	0	5	23	17
%	0	11,11	51,11	37,78

Tabla N°7: Clasificación De Los Suelos En Base Al IP

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla anterior se tiene que los suelos estudiados del Distrito 12, corresponden a una categorización de suelos débilmente plásticos que pertenecen principalmente a los barrios de Miraflores, Germán Bush y San Martín en zonas próximas al lecho del río, debido principalmente a su origen aluvial; el 51,11 tiene una categoría de suelos medianamente plásticos y finalmente el 37,78 se encuentran en una categoría de suelos altamente plásticos, de acuerdo a lo establecido por Atterberg.

#### 4. Discusión

Una vez categorizados los suelos del distrito 12 de acuerdo a su plasticidad se puede evidenciar que los resultados se suman a los determinados por Camata (2014), quien determinó que el suelo en el barrio Miraflores tiene un Índice de Plasticidad de 20%, ratificando que la muestra se encuentra en el rango de suelos altamente plásticos determinados también en esta investigación con la diferencia de que el muestreo en la investigación de Camata fue puntual a diferencia de este caso que se tomó un mayor número de muestras que puedan ser más representativas.

Por otra parte Velásquez (2014), determinó que el Índice de Plasticidad en el barrio San Blas es de 7%, una vez más la muestra es puntual, valor muy diferente a los determinados en esta investigación con valores desde 11 % hasta 30%, lo que demuestra que existe una amplia variación de la

plasticidad en esta zona y que de ninguna manera los resultados de esta investigación reemplaza un estudio de suelos propio de un diseño de ingeniería pero sin embargo es una referencia para que la población tenga el conocimiento de la importancia de un estudio de suelos.

Finalmente de la investigación de Ríos (2014) el Índice de Plasticidad en el Barrio Miraflores tiene valores de 6%, 11% y 16%, que, son muy similares a los determinados en esta investigación con un rango de valores desde 6,38% hasta 23,17%.

Estas investigaciones tienen objetivos diferentes pero parte del alcance es la clasificación de los suelos estudiados y para ello previamente se determinó la plasticidad que debería ser representativa en consecuencia se evidencia que los suelos en estos barrios tienen una plasticidad importante que influye en el comportamiento de los mismos pero además esto nos permitirá tomar decisiones sobre las obras civiles que se vayan a ejecutar sobre este tipo de suelos finos con plasticidades representativas.

También es importante destacar que no se tiene antecedentes del estudio de la plasticidad de los suelos de los barrios Aranjuez y San Martín, donde los rangos del Índice de Plasticidad varían de 6,9% a 26,07% y de 8,37% a 22,02% respectivamente. También se evidencia nuevamente una plasticidad representativa a considerar.

Finalmente realizar el estudio de suelos para la construcción de obras civiles permitirá tomar decisiones que eviten o minimicen los asentamientos y fisuras en las viviendas, como también deterioros prematuros y/o permanentes en la rodadura de las calles en especial en época de lluvias el agua hará que el suelo se ablande con mayor facilidad, o en el caso de taludes es evidente el riesgo de construir sobre laderas que de no ser estabilizadas podrían sufrir deslizamientos con resultados catastróficos.

## 5. Referencias bibliográficas

- 📖 Administradora Boliviana de Carreteras, 2015. Manual de Carreteras vol.4 a Manual de Ensayos de Suelos y Materiales, Asfaltos”. Bolivia.
- 📖 Braja M. Das, 2002. Soil Mechanics Laboratory Manual. Sacramento, California.
- 📖 Braja M. Das, 2015. Fundamento de Ingeniería Geotécnica. Sacramento, California.
- 📖 Baptista Lucio M., Fernández Collado C., Hernández Sampieri R. 2014. Metodología de la Investigación. México.
- 📖 Budhu Muni, 2011. Soil Mechanics And Foundations
- 📖 Camata Cari Nelida N., 2014. Estabilización de suelos arcillosos con sustancia cementante (ceniza de cascarilla de arroz cal). Tarija, Bolivia.
- 📖 Gobierno Autónomo Municipal de Tarija y la Provincia Cercado, Oficialía Mayor de Planificación y Ordenamiento Territorial, 2019. Normas de Uso de Suelo.
- 📖 Gobierno Municipal de la Ciudad de Tarija y la Provincia Cercado, 2012. Plan Municipal de Ordenamiento Territorial: Plan de Uso de Suelos Área Urbana. Tarija – Bolivia.
- 📖 Gómez Bastar S., 2012. Metodología de la Investigación. México
- 📖 Instituto Nacional De Estadística (INE), 2012. Censo de Población y Vivienda
- 📖 Olivera B. Fernando, 2009. Estructuración de Vías Terrestres. México
- 📖 Osorio Santiago, 2010. Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas.
- 📖 Ríos Galarza Fabio G., 2014. Análisis comparativo de la resistencia admisible en suelos finos determinada por los métodos SPT y Cono Holandés. Tarija, Bolivia
- 📖 Velásquez Portales Sergio, 2014. Caracterización de suelos compresibles en el análisis del asentamiento bajo carga permanente. Tarija, Bolivia.

# ARTÍCULO 2



# Estrés pre-abate del vacuno y su efecto en el (pH y acidéz) en la calidad de la carne en los mataderos municipal de Tarija y San Luis de Entre Ríos

Pre-abate boval stress and its effect on the (pH and acidéz) on the quality of the meat in the municipal slaughterhouses of Tarija and San Luis de Entre Ríos

Benitez Aranibar Alvaro Gabriel<sup>1</sup> , Ramírez Ruiz Erick<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante. Carrera de Ingeniería de alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología, UAJMS

<sup>2</sup> Docente Tutor. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología UAJMS

Correspondencia del autor(es): [albz0712@gmail.com](mailto:albz0712@gmail.com)<sup>1</sup>, [erickramirezruiz@yahoo.com.ar](mailto:erickramirezruiz@yahoo.com.ar)<sup>2</sup>

## Resumen

El presente Trabajo Dirigido para el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), se realizaron en los mataderos de San Luis de Entre Ríos y Municipal de Tarija.

Los resultados de pH entre (5,52 – 6,16) y acidez (0,58 – 0,45) %. Donde los animales no fueron faenados en condiciones de estrés; mientras que los valores de pH entre (6,21 – 7,23) y acidez (0,44 – 0,14) %, donde los animales fueron faenados en condiciones de estrés. No afectando los valores de proteínas entre (17,23 – 40,49) %.

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y Tukey para acidez en función de la incidencia del estrés pre-abate para los animales de Villamontes, El Remate con respecto a otras comunidades es significativo ( $F_{cal} = 2,66 > F_{tab} = 2,30$ ) para ( $p < 0,05$ ). Los animales que reposaron en tiempo entre (0-6) h con respecto entre (13-24) h y más de 24 horas es significativo ( $F_{cal} = 3,46 > F_{tab} = 2,86$ ) para ( $p < 0,05$ ). Los animales faenados en condiciones de estrés, muy estresados y extremadamente estresados son significativos ( $F_{cal} = 25,10 > F_{tab} = 2,64$ ) para ( $p < 0,05$ ) y los animales noqueados en 2 y 3 punzadas son significativas ( $F_{cal} = 15,88 > F_{tab} = 3,25$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Para pH, de animales faenados en condiciones de estrés, muy estresados y extremadamente estresados son significativas ( $F_{cal} = 43,75 > F_{tab} = 2,63$ ) para ( $p < 0,05$ ). Los animales noqueados en 2 y 3 punzadas son significativas ( $F_{cal} = 10,94 > F_{tab} = 3,25$ ) para ( $p < 0,05$ ).

## Abstract:

The present Work Directed for the National Service of Agricultural Health and Food Safety (SENASAG), was carried out in the slaughterhouses of San Luis de Entre Ríos and Municipal de Tarija.

The results of pH between (5.52 – 6.16) and acidity (0.58 – 0.45)%. Where the animals were not slaughtered under stress conditions; while the pH values between (6.21 - 7.23) and acidity (0.44 - 0.14) %, where the animals were slaughtered under stress conditions. Not affecting protein values between (17.23 – 40.49)%.

Applying the random incomplete block design and Tukey for acidity as a function of the incidence of pre-slaughter stress for animals from Villamontes, El Remate with respect to other communities is significant ( $F_{cal}$

= 2.66 > F<sub>tab</sub> = 2.30) for (p < 0.05). The animals that rested in time between (0-6) h with respect to between (13-24) h and more than 24 hours is significant (F<sub>cal</sub>= 3.46 > F<sub>tab</sub> = 2.86) for (p < 0.05). Animals slaughtered under stress, highly stressed and extremely stressed conditions are significant (F<sub>cal</sub>=25.10 > F<sub>tab</sub>=2.64) for (p < 0.05) and animals knocked out in 2 and 3 punctures are significant (F<sub>cal</sub> = 15.88 > F<sub>tab</sub> =3.25) for (p < 0.05).

For pH, animals slaughtered under stress conditions, highly stressed and extremely stressed are significant (F<sub>cal</sub> = 43.75 > F<sub>tab</sub> = 2.63) for (p < 0.05). The animals knocked out in 2 and 3 punctures are significant (F<sub>cal</sub> = 10.94 > F<sub>tab</sub> =3.25) for (p < 0.05).

**Palabras clave:** Estrés pre-abate de la carne vacuna, valores de acidez y pH, matadero Municipal de Tarija, calidad de la carne durante el faeneo.

**Keywords:** Pre-slaughtering stress of beef, acidity and pH values, Municipal slaughterhouse of Tarija, meat quality during slaughter.

## 1. Introducción

A lo largo de la evolución las especies han desarrollado mecanismos fisiológicos y comportamentales para enfrentarse con el estrés, por lo cual únicamente se amenaza la comodidad y vitalidad del ganado cuando se produce un cambio biológico significativo que pone en riesgo el confort y la salud. (Odeon & Romera, 2017)

El miedo hace que un animal que sufre un trato inadecuado genere estrés y deje de alimentarse. Varios experimentos han demostrado que reduciendo este estrés se consigue aumentar la productividad y mantener la calidad de la carne. Sin embargo, cuando el animal está agitado y nervioso o se le maltrata antes del sacrificio, el incremento de peso es significativamente menor y la carne bastante más dura. (Claire, 2013)

El estrés es un estado de sufrimiento animal ante la incapacidad prolongada de dominar la fuente de peligro potencial que lo conduce a la activación de sistemas de urgencia orgánicos, determinando una desviación del comportamiento normal del animal. (Buestan , 2011)

Los animales estresados, con dolor o con malestar, sin el alimento o agua adecuados, no producirán a su máximo potencial. Es por lo tanto esencial que las necesidades básicas de bienestar se cumplan. El bienestar animal correcto se reconoce como libre de hambre y sed, libre de malestar, libre de dolor, heridas o enfermedades, libertad para expresar el comportamiento normal y la ausencia de miedo o ansiedad. (FAO, 2007)

La carne de res es una de las mayores fuentes de proteína que se pueden incorporar a una dieta diaria de manera saludable. No solo aporta proteínas, es un alimento indispensable en cualquier dieta saludable, porque su aporte nutricional va desde los minerales y aminoácidos, hasta vitaminas esenciales para el correcto desarrollo y protección del metabolismo. (FEGASACRUZ, 2020)

Es importante que el animal esté bien descansado durante las 24 horas anteriores a su sacrificio, con el fin de permitir que el organismo vaya reponiendo el glucógeno muscular lo más posible deben viajar y ser sacrificados de la manera menos estresante posible, pero sin descansar durante largos períodos antes de su sacrificio. También es importante que los niveles de glucógeno en los músculos de la canal sean los más altos posibles, con el fin de desarrollar la máxima cantidad de ácido láctico en la carne. Este ácido le da a la carne un pH ideal medido 24 horas después del sacrificio de 6,2 o menos. Un pH a las 24 horas superior a 6,2 indica que el animal estuvo estresado, lesionado o enfermo antes del sacrificio. (FAO, 2001)

La tabla 1, muestra el reporte de faena de bovinos y la cantidad, expresados en kg que fueron faenados en abril de la gestión 2019 de los mataderos del departamento de Tarija (SENASAG, 2019)

Mataderos	Unidades faenadas	Cantidad (Kg)
Matadero Asomat	985	197.000,00
Meneleo Garzón de la Vega - Kumandaroty	7	1.400,00
Honorable Alcaldía Municipal de Tarija	1.349	269.800,00
Matadero San Luis S.R.L. - Entre Ríos	122	24.400,00
Federación de Ganaderos del Gran Chaco	429	85.800,00
Gobierno Autónomo Municipal de Uriondo	37	7.400,00
Gobierno Autónomo Municipal de Villa Montes	32	6.400,00
Gobierno Autónomo Municipal de Yacuiba - El Palmar	8	1.600,00

Tabla 1 Reporte de faena de ganado vacuno del departamento de Tarija

## 2. Toma de muestra y Metodología

### 2.1. Toma de muestra

Para la toma de muestra de carne vacuna, según INIFAP (2011) sugiere que “existen diferentes recomendaciones sobre las partes a muestrear, para realizar la medición del pH, en la 1ª vértebra lumbar” (pág. 6), por lo cual, se realizó un corte con un cuchillo entre la 1ª y 2ª vértebra lumbar del lomo de la canal, extrayendo la muestra de carne con un peso aproximado entre (400 a 500) gramos. Inmediatamente, se traslada al envase de polietileno para ser codificada cada una de las muestras y refrigeradas a una temperatura entre (5 a 10) °C en una conservadora de tecnopor con el fin de evitar la descomposición de las muestras de carne. Para tal efecto se tomaron un total de 41 muestras de las cuales tres corresponden al matadero de San Luis del Municipio de Entre Ríos y las 38 muestras restantes corresponden al matadero Municipal de Tarija. Posteriormente fueron llevadas al Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”

### 2.2. Metodología

En la figura 1, se muestra el diagrama para el proceso de faenado de animal vacuno en el matadero Municipal Tarija de la provincia Cercado del departamento de Tarija.

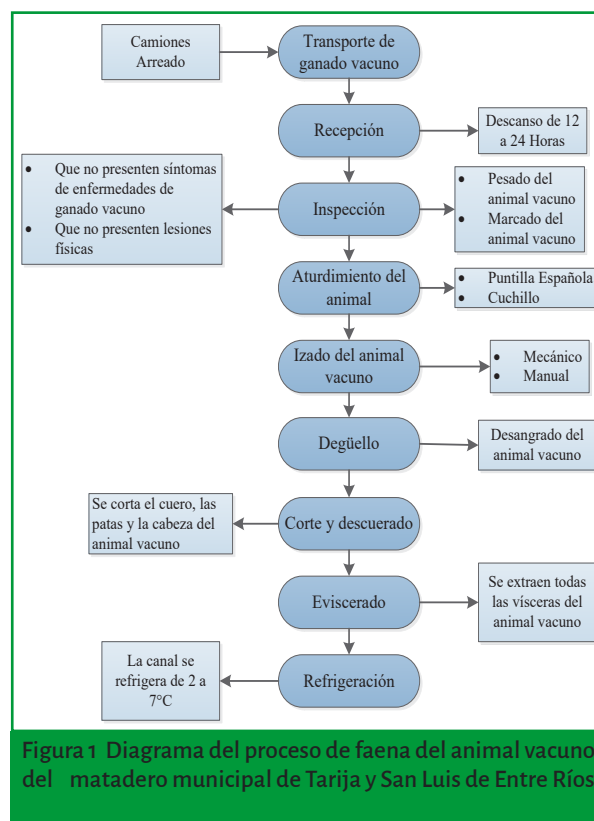


Figura 1 Diagrama del proceso de faena del animal vacuno del matadero municipal de Tarija y San Luis de Entre Ríos

### 2.2.1. Transporte de ganado vacuno

El ganado vacuno es transportado en camiones o arreados desde sus respectivos corrales de origen hasta el matadero Municipal de Tarija.

### 2.2.2. Recepción

El ganado vacuno es recepcionado según el sexo del animal en los corrales del matadero Municipal de Tarija donde tendrán un descanso de 12 a 24 horas para sus respectivas faenas. En la figura 2, se muestra el ganado vacuno en el corral del matadero.

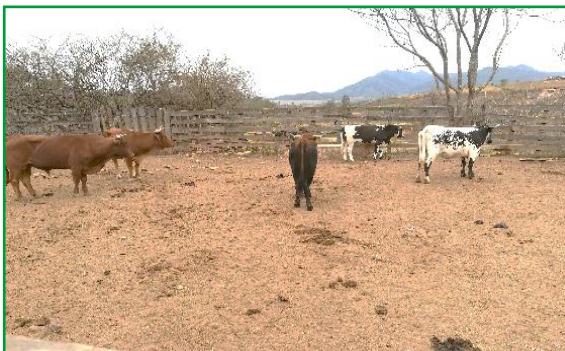


Figura 2 Ganado en el corral del Matadero de San Luis

### 2.2.3. Inspección

Los animales vacunos transportados al matadero deben de estar en buenas condiciones físicas para la faena, siendo estos inspeccionados para que no estén enfermos o tengan lesiones durante el transporte, inmediatamente se los pesa y se marca al animal con códigos para ser identificados durante y después de la faena. En la figura 3, se muestra al animal vacuno en el corral después de la inspección.



Figura 3 Animales en el corral después de la inspección

### 2.2.4. Aturdimiento del animal vacuno

El animal es aturdido con una puntilla española o un cuchillo manualmente, se usa para cortar la medula espinal a través del foramen magnum entre el cráneo y el cuello para que pierda el conocimiento para así evitar que el animal tenga un estrés en el momento de la faena. En la figura 4, se muestra el aturdimiento manual del animal vacuno.



Figura 4 Aturdimiento manual del animal vacuno

### 2.2.5. Izado del animal vacuno

Los animales vacunos después de ser aturdidos se cuelgan de una pata a un gancho a un riel mecánico o manual con el animal para ser colgado, para facilitar el sangrado del animal. En la figura 5, se muestra el izado del animal vacuno para el posterior sangrado.



Figura 5 Izado de animal vacuno



### 2.2.6. Degüello del animal vacuno

Se aplica un corte en las arterias del cuello del animal vacuno mientras está colgado de una pata, se encuentra boca abajo para que muera desangrado producto de este corte en la arteria del cuello. En la figura 6, se muestra el sangrado del animal vacuno.



Figura 6 Sangrado del animal vacuno

### 2.2.7. Corte y desollado

Se procede a cortar las patas y la cabeza para poder desollar al animal y facilitar el corte respectivo de la canal. En la figura 7, se muestra el corte y descuerado del animal vacuno.



Figura 7 Descuerado del animal vacuno

### 2.2.8. Eviscerado

Se procede a cortar el esternón con una sierra eléctrica para extraer las vísceras del animal vacuno para facilitar el corte de las canales. En la figura 8, se muestra el eviscerado del animal vacuno.



Figura 8 Eviscerado del animal vacuno

### 2.2.9. Refrigeración

Después del corte de las canales, son refrigeradas en cámaras de frío para evitar el deterioro de la carne a la temperatura entre (2 a 7) °C. En la figura 9, se muestra la refrigeración de la carne vacuna.



Figura 9 Refrigeracion de la carne vacuna

### 2.2.10. Diseño por bloques incompletos al azar aplicado para la incidencia del estrés pre-abate

Un diseño completamente al azar desbalanceado, es cuando el tamaño de los tratamientos es desigual es decir, los niveles del factor en estudio no poseen el mismo número de repeticiones, debido a la pérdida de los datos experimentales. (Ramirez, 2019)

## 3. Resultados

### 3.1. pH en función de la acidez de las muestras de carne vacuna

En la figura 10, Expresa los valores del pH en función de la acidez de la carne vacuna.

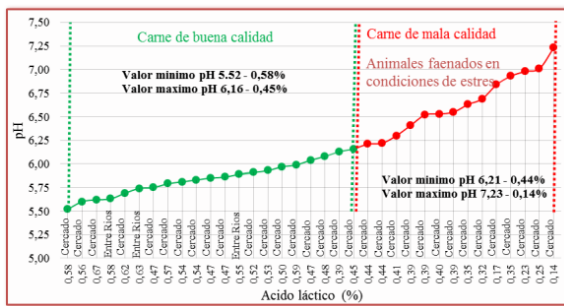


Figura 10 pH en función de la acidez de las muestras de carne

### 3.2. Proteínas en función del pH y acidez de la carne vacuna

En la tabla 1 muestra los valores de proteína de carne vacuna en función del pH y acidez.

Muestra	Proteína %	pH	Acidez %
M32	20.45	6.53	0.40
M33	17.23	5.91	0.52
M37	20.14	7.37	0.21
M38	20.80	6.30	0.41
M40	19.61	6.08	0.48
M39	40.49	5.81	0.54
M41	22.16	5.83	0.50

Tabla 1 Proteínas en función de pH y acidez de la carne vacuna

### 3.3. Parámetro pH en función de la procedencia del animal vacuno

En la figura 11, muestra el efecto de la procedencia del animal vacuno en el pH de la carne vacuna.

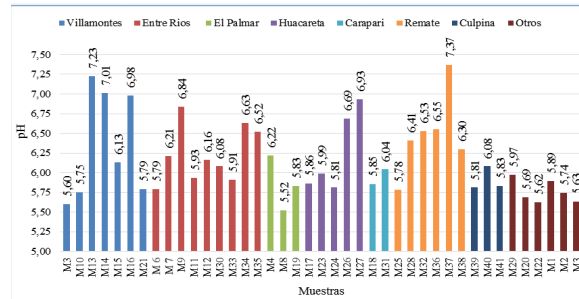


Figura 11 pH en función de la procedencia del animal vacuno

### 3.4. Parámetro acidez en función de la procedencia del animal vacuno

En la figura 12, muestra el efecto de la procedencia del animal vacuno en la acidez de la carne.

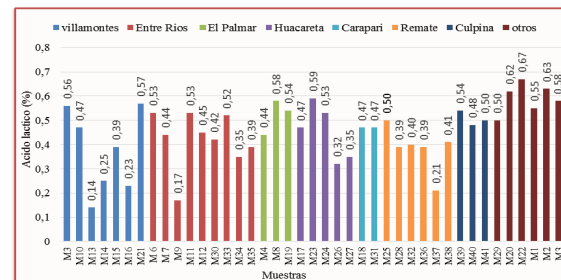


Figura 12 Acidez en función de la procedencia del animal vacuno

### 3.5. Parámetro pH en función del peso del animal vacuno

En la figura 13, expresa los valores pH de la carne en función del peso del animal vacuno y se observa que los animales vacunos faenados con peso entre (217 a 515) kg.

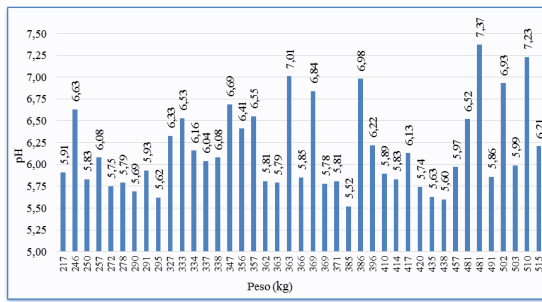


Figura 13 pH en función con el peso del animal

### 3.6. Parametro acidez en función del peso del animal vacuno

En la figura 14, expresa los valores de acidez de la carne en función con el peso del animal vacuno Los animales vacunos faenados con peso entre (217 a 515) kg.

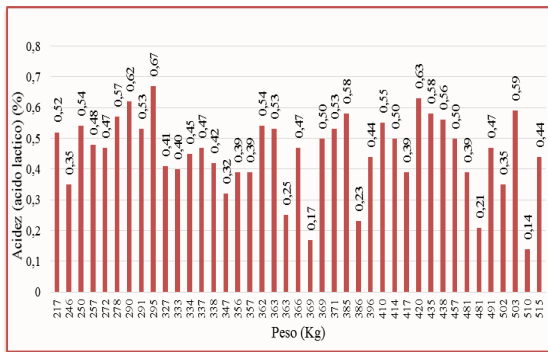


Figura 14 Acidez en función con el peso del animal vacuno

### 3.7. Parámetro pH en función del tiempo de reposo

En la figura 15, expresa los valores pH de la carne en función con el tiempo de reposo del animal vacuno.

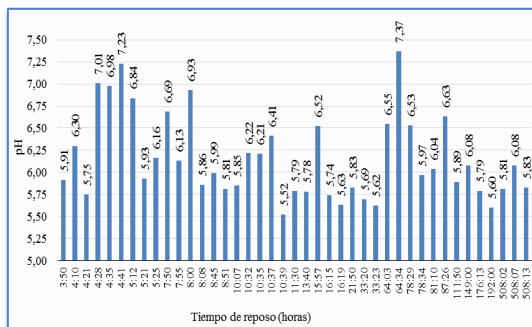


Figura 15 pH en función del tiempo de reposo del animal vacuno

### 3.8. Parámetros acidez en función del tiempo de reposo

En la figura 16, expresa los valores de acidez en la carne en función con el tiempo de reposo del animal vacuno.

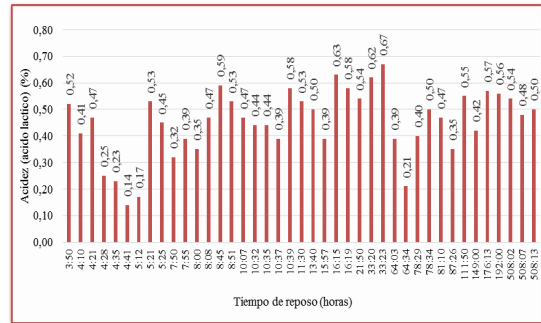


Figura 16 Acidez en función del tiempo de reposo del animal vacuno

### 3.9. Parámetro pH en función con los índices de estrés del animal vacuno

En la figura 17, expresa los valores pH en la carne en función con los índices de estrés del animal vacuno.

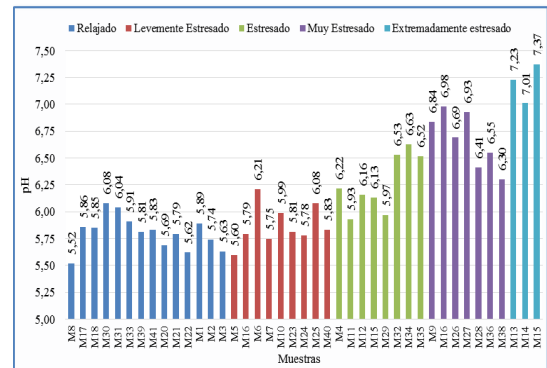


Figura 17 pH en función con los índices de estrés del animal vacuno

### 3.10. Parámetro acidez en función con los de los índices de estrés del animal vacuno

En la figura 18, expresa los valores de acidez en la carne en función con los índices de estrés del animal vacuno.

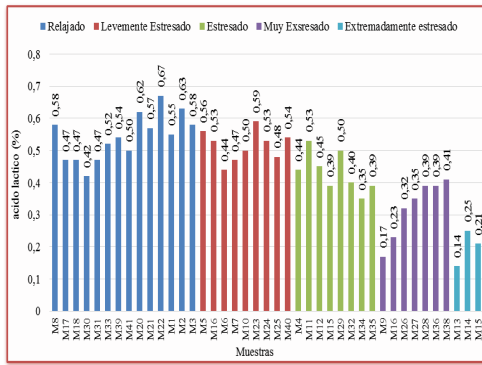


Figura 18 Acidez en función con los índices de estrés del animal vacuno

### 3.11. Parámetro pH en función con los intentos de noqueo

En la figura 4.19, expresa los valores pH en función con los intentos de noqueo en el animal vacuno.

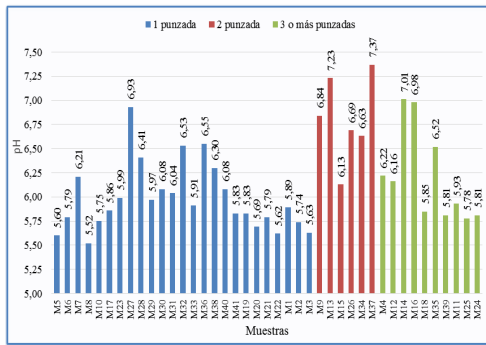


Figura 19 pH en función con los intentos de noqueo en el animal vacuno

### 3.12. Parámetro acidez en función con los intentos de noqueo del animal vacuno

En la figura 20, expresa los valores de acidez de la carne en función con los intentos de noqueo en el animal vacuno.

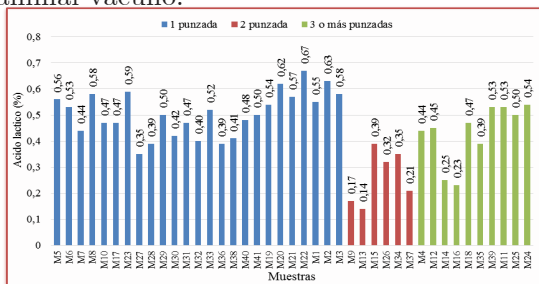


Figura 20 Acidez en función con los intentos de noqueo del animal vacuno

### 3.13. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado para acidez en función con la procedencia del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y el estadístico de Tukey en el parámetro de acidez en función de la incidencia del estrés pre-abate en la tabla 2, se logró determinar que los animales procedentes de Villamontes ( $\mu_a$ ), El Remate ( $\mu_f$ ), con respecto a otras comunidades ( $\mu_h$ ), es significativo ( $F_{cal} = 2,66 > F_{tab} = 2,30$ ) para ( $p < 0,05$ )

Tabla 2 Diferencias verdaderamente significativa de acidez en función con la procedencia del animal vacuno

### 3.14. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado al pH en función de la procedencia del animal vacuno

El valor crítico de la distribución de Fisher es  $F(0,05; 7; 33)=2,30$ , dando ( $F_{cal} = 1,78 < F_{tab} = 2,30$ ); donde se acepta la hipótesis planteada ( $H_p$ ); por lo cual no existe diferencia significativa

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_a = \mu_h$	0,22 > 0,20	Significativa
$\mu_f = \mu_h$	0,21 > 0,20	Significativa

entre las procedencias del animal vacuno en cuanto se refiere al pH de la carne para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

### 3.15. Diseño por bloques incompletos al azar aplicado para acidez en función con el peso del animal vacuno

El valor crítico de la distribución de Fisher es  $F(0,05; 3; 37)=2,8639$ , dando ( $F_{cal} = 2,43 < F_{tab} = 2,8639$ ); donde acepta la hipótesis planteada ( $H_p$ ); por lo cual no existe diferencia significativa entre el peso del animal vacuno en cuanto se refiere al porcentaje de ácido láctico para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).



### 3.16. Diseño por bloques incompletos al azar aplicado al pH en función del peso del animal vacuno

El valor crítico de la distribución de Fisher es  $F(0.05; 3; 37)=2,8639$ , dando ( $F_{cal} = 2,38 < F_{tab} = 2,8639$ ); donde se acepta la hipótesis planteada ( $H_p$ ), por lo cual no existe diferencia significativa entre el peso del animal vacuno en cuanto se refiere al pH para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

### 3.17. Diseño por bloques incompletos al azar aplicado para acidez en función al tiempo de reposo del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y el estadístico de Tukey en el parámetro de acidez en función con el tiempo de reposo en la tabla 3, los animales que reposaron en tiempo entre (0-6) h ( $\mu_i$ ), con respecto entre (13-24) h ( $\mu_k$ ) y más de 24 horas ( $\mu_l$ ) es significativo ( $F_{cal}= 3,46 > F_{tab} = 2,86$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_i = \mu_j$	0,11<0,120	No significativa
$\mu_i = \mu_k$	0,17>0,169	Significativa
$\mu_i = \mu_l$	0,13>0,120	Significativa
$\mu_j = \mu_k$	0,06<0,169	No significativa
$\mu_j = \mu_l$	0,01<0,115	No significativa
$\mu_k = \mu_l$	0,05<0,169	No significativa

Tabla 3 Diferencias verdaderamente significativa de acidez en función con el tiempo de reposo del animal vacuno

### 3.18. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado al pH en función con el tiempo de reposo del animal vacuno

El valor crítico de la distribución de Fisher es  $F(0.05;3;37)=2,8639$ , dando ( $F_{cal} = 1,68 < F_{tab} = 2,8639$ ); donde se acepta la hipótesis planteada ( $H_p$ ), por lo cual no existe diferencia significativa

entre el tiempo de reposo del animal vacuno en cuanto se refiere al pH para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

### 3.19. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado para acidez en función con el índice de estrés del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y el estadístico de Tukey en el parámetro de acidez en función del índice de estrés del animal vacuno en la tabla 4 los animales faenados en condiciones de estrés ( $\mu_s$ ), muy estresados ( $\mu_r$ ) y extremadamente estresados ( $\mu_t$ ), son significativos ( $F_{cal}=25,10 > F_{tab}=2,64$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_q = \mu_r$	0,02<0,09	No significativa
$\mu_q = \mu_s$	0,11>0,10	Significativa
$\mu_q = \mu_t$	0,22>0,10	Significativa
$\mu_r = \mu_s$	0,34>0,16	Significativa
$\mu_r = \mu_t$	0,09<0,10	No significativa
$\mu_s = \mu_t$	0,20>0,10	Significativa
$\mu_u = \mu_n$	0,32 > 0,16	Significativa
$\mu_s = \mu_t$	0,11 > 0,10	Significativa
$\mu_s = \mu_n$	0,23 > 0,16	Significativa
$\mu_t = \mu_n$	0,12 < 0,16	No significativa

Tabla 4 Diferencias verdaderamente significativa de acidez en función con los índices de estrés del animal vacuno

### 3.20. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado al pH en función con el índice de estrés del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y estadístico de Tukey para el parámetro pH en función de la incidencia del estrés pre-abate en la tabla 5, se logró determinar que los animales faenados en condiciones de estrés ( $\mu_s$ ), muy estresados ( $\mu_r$ ) y extremadamente estresados ( $\mu_t$ ), son significativas ( $F_{cal} = 43,75 > F_{tab} = 2,63$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_q = \mu_r$	0,07 < 0,28	No significativa
$\mu_q = \mu_s$	0,46 > 0,30	Significativa
$\mu_q = \mu_t$	0,87 > 0,32	Significativa
$\mu_q = \mu_u$	1,40 > 0,49	Significativa
$\mu_r = \mu_s$	0,39 > 0,30	Significativa
$\mu_r = \mu_t$	0,80 > 0,32	Significativa
$\mu_r = \mu_u$	1,33 > 0,49	Significativa
$\mu_s = \mu_t$	0,41 > 0,32	Significativa
$\mu_s = \mu_u$	0,94 > 0,49	Significativa
$\mu_t = \mu_u$	0,53 > 0,49	Significativa

Tabla 5 Diferencias verdaderamente significativa del pH en función del índice de estrés

### 3.20.1. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado para acidez en función con los intentos de noqueo del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y el estadístico de Tukey en el parámetro intentos de noqueo del animal vacuno en la tabla 6, los animales noqueados 1 punzada ( $\mu_v$ ), con respecto a 2 punzadas ( $\mu_w$ ) y 2 punzadas ( $\mu_w$ ), con respecto a 3 punzadas o más ( $\mu_z$ ), son significativas ( $F_{cal} = 15,88 > F_{tab} = 3,25$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_v = \mu_w$	0,25 > 0,13	Significativa
$\mu_v = \mu_z$	0,08 < 0,10	No significativa
$\mu_w = \mu_z$	0,17 > 0,13	Significativa

Tabla 6 Diferencias verdaderamente significativa de acidez en función con los intentos de noqueo

### 3.20.2. Diseño de bloques incompletos al azar aplicado al pH en función con los intentos de noqueo del animal vacuno

Aplicado el diseño de bloques incompletos al azar y estadístico de Tukey para el parámetro pH en función intentos de noqueo del animal vacuno en la tabla 7, los animales noqueados 1 punzada ( $\mu_v$ ), con respecto a 2 punzadas ( $\mu_w$ ) y 2 punzadas ( $\mu_w$ ), con respecto a 3 punzadas o más ( $\mu_z$ ), son significativas ( $F_{cal} = 10,94 > F_{tab} = 3,25$ ) para ( $p < 0,05$ ).

Hipótesis alternativa	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_v = \mu_w$	0,84 > 0,55	Significativa
$\mu_v = \mu_z$	0,23 < 0,42	No significativa
$\mu_w = \mu_z$	0,61 > 0,55	Significativa

Tabla 7 Diferencias verdaderamente significativa de pH en función con los intentos de noqueo

## 4. Discusión

Para los animales faenados en el matadero de San Luis de Entre Ríos, todas las muestras de carne presentaron un pH entre (5,63 a 5,89) y acidez (0,55 a 0,63)% que es carne de buena calidad.

En el matadero Municipal de Tarija los animales procedentes de: El Palmar, Culpina, Carapari y otras comunidades presentaron pH entre (5,52 a 6,22) y acidez (0,47 a 0,67) % que es carne de buena calidad.

Los animales vacunos faenados con peso entre (217 a 515) kg, presentaron un pH entre (5,52 a 7,37) y acidez (0,14 a 0,67) %; por lo tanto se demuestra que el peso del animal no afecta los valores fisicoquímicos en la calidad de la carne.

Los animales que tuvieron el tiempo de reposo entre (7 a 24) horas, presentaron mejor calidad de carne, ya que recuperaron el glucógeno consumido por el estrés durante el transporte, cuyos promedios pH se encuentran entre (5,90 a 6,09) y acidez (0,46 a 0,53) %

De acuerdo a los índices de estrés, los animales faenados en condiciones de relajado y levemente estresado presentaron mejores promedios fisicoquímicos de calidad en la carne con pH (5,80 a 5,87) y acidez (0,52 a 0,54) %.

Los animales faenados en condiciones de estrés, muy estresado, extremadamente estresados, tienen efectos adversos en la calidad de la carne con promedios de pH entre (6,26 a 7,20) y acidez (0,20 a 0,43)%

De acuerdo a los intentos de noqueo del animal vacuno los animales noqueados en el primer intento y que no fueron faenados en condiciones

de estrés presentaron promedio en pH de 5,98 y acidez de 0,51% en la calidad de la carne.

De acuerdo a los valores obtenidos de las muestras de carne vacuna de los parámetros fisicoquímicos de pH 5,52 con 0,58% de acidez y pH 7,23 con 0,14% de acidez, en virtud con los resultados; se identificó que a medida que desciende el valor de acidez aumenta el valor del pH de la carne.

Los factores de estrés pre-abate del animal vacuno no afecta en los valores del contenido de proteínas en la carne, de manera que están por encima de los valores mínimos del 12% de proteína en la calidad de la carne.

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar de acidez en función a la procedencia del animal vacuno: Villamontes y El Remate con respecto a otras comunidades, se evidencio que es significativo para ( $F_{cal} = 2,66 > F_{tab} = 2,30$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

El pH en función con la procedencia del animal vacuno para DBIA determino que no existe diferencia significativa para ( $F_{cal} = 1,78 < F_{tab} = 2,30$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar para acidez en función con el peso del animal vacuno, se evidencio que no existe diferencia significativa para ( $F_{cal} = 2,43 < F_{tab} = 2,86$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar del pH en función con el peso del animal vacuno, se determinó que no existe diferencia significativa para ( $F_{cal} = 2,38 < F_{tab} = 2,86$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar para acidez en función con el tiempo de reposo, los animales con reposo entre (0 – 6)h con respecto (13 – 24)h y más de 24 horas, se evidencio que son significativo para ( $F_{cal} = 3,46 > F_{tab} = 2,86$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Para el pH en función con el tiempo de reposo para DBIA no existe diferencia significativa ( $F_{cal}$

$= 1,68 < F_{tab} = 2,86$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar para acidez en función con el índice de estrés, los animales faenados en condiciones de relajado, levemente estresado con respecto a otro estresado, muy estresado, y extremadamente estresado, se evidencio que son significativas para ( $F_{cal} = 25,10 > F_{tab} = 2,64$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Para el pH en función con los índices de estrés para DBIA, relajado y levemente estresado no son significativas al contrario de las demás hipótesis alternativas ( $H_a$ ) presentan significancia ( $F_{cal} = 43,75 > F_{tab} = 2,63$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Aplicado el diseño por bloques incompletos al azar para acidez en función con los intentos de noqueo, se evidencio que los animales noqueados 1 punzada con respecto 2 punzadas y 2 punzadas con respecto a más de 3 punzadas son significativas ( $F_{cal} = 15,88 > F_{tab} = 3,25$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

Para el pH en función con los intentos de noqueo para DBIA, los animales noqueados en 1 punzada con respecto 2 punzadas y 2 punzadas con respecto a más de 3 punzadas son significativas ( $F_{cal} = 10,94 > F_{tab} = 3,25$ ) para un límite de confianza ( $p < 0,05$ ).

## 5. Bibliografía

- ❑ Buestan, P. D. (2011). “Fisiología del estrés y sus efectos”. Disponible: <https://n9.cl/4ozeq>. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020
- ❑ Claire. (2013). “Muy interesante”. <https://www.muyinteresante.es/curiosidades-preguntas-respuestas/iel-estres-del-ganado-empeora-la-calidad-de-la-carne>. Fecha de consulta: 03 de abril de 2019

- 🔖 FAO. (2001). “Directrices para el Manejo Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado”. Disponible: <http://www.fao.org/3/x6909s/x6909s00.htm#Contents>. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020
- 🔖 FAO. (2007). “Buenas prácticas para la industria de la carne”. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-y5454s.pdf>. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020
- 🔖 FEGASACRUZ. (2020). “Propiedades nutricionales de la carne de res”. Disponible: <https://fegasacruz.org/propiedades-nutricionales-de-la-carne-de-res/>. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020
- 🔖 INIFAP. (2011). “Manual de analisis de calidad en muestras de carne”. Ajuchitlan, Mexico
- 🔖 GANADERIA. (2017). “Estrés en ganado: causas y consecuencias”. Disponible: <https://n9.cl/sqtwl>. Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2019
- 🔖 Odeon, & Romera. (2017). “Produccion Animal”. Disponible: [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos/91-Estres.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/91-Estres.pdf). Fecha de consulta: 23 de 09 de 2020
- 🔖 Ramirez, E. (2019). “Universidad Autonoma Juan Misael Saracho”. Tarija, Bolivia: Carrera Ingenieria de Alimentos

# ARTÍCULO 3

# Pérdidas de Presfuerzo bajo AASHTO Standard y Eurocódigo 2.

## Pressure Losses under AASHTO Standard and Eurocode 2.

Michael Willy Echalar Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia.*

<sup>1</sup> **Correspondencia del autor(es):** [michaelechalar@gmail.com](mailto:michaelechalar@gmail.com)

### Resumen:

Este trabajo se centra en el análisis de dos modelos de cálculo de pérdidas de presfuerzo: AASHTO Standard y Eurocódigo 2. El primero porque es de amplio uso en nuestro país desde el ingreso de la técnica del presfuerzo, el segundo por tratarse de uno de los modelos más avanzados a nivel teórico como técnico y servir como base de comparación.

El objetivo es comparar el comportamiento numérico de ambos modelos, ingresando como parámetros valores representativos de materiales utilizados en nuestro medio; se han realizado los cálculos de pérdidas de presfuerzo mediante sistematización en hoja electrónica, usando 3 tipos de secciones y variando las luces.

Las luces analizadas en el caso de las losas son: 5, 6, 7, 8, 9, y 10 metros. Para el caso de la sección soportada por vigas "I-Beam" se analizan luces de: 10, 12.5, 15, 17.5, 20 y 22.5 metros.

Para el tipo soportado por vigas "Bulb-Tee" se analizan luces de: 25, 27.5, 30, 32.5, 35, 40 y 45 metros

El resultado de cada análisis ha sido luego expresado en gráficas comparativas.

Como conclusión se extrae que si bien ambos métodos tienen ventajas y desventajas para su aplicación en el medio; es imposible la recomendación de uno en particular al no existir un estudio que vincule mediciones reales con las calculadas en las que se incluya mediciones del comportamiento real.

**Palabras clave:** Puentes, Presfuerzo, Post-tensado, Pérdidas de Presfuerzo, Sistematización.

### Abstract

This work focuses on the analysis of two prestress loss calculation models: AASHTO Standard and Eurocode 2. The first because it is widely used in our country since the introduction of the prestress technique, the second because it is one of the more advanced models at a theoretical and technical level and serve as a basis for comparison.

The objective is to compare the numerical behavior of both models, entering representative values of materials used in our environment as parameters; Prestress loss calculations have been made by systematization in an electronic spreadsheet, using 3 types of sections and varying spans.

The lights analyzed in the case of slabs are: 5, 6, 7, 8, 9, and 10 meters. For the case of the section supported by "I-Beam" beams, spans of: 10, 12.5, 15, 17.5, 20 and 22.5 meters are analyzed.

For the type supported by "Bulb-Tee" beams, spans of: 25, 27.5, 30, 32.5, 35, 40 and 45 meters are analyzed

The result of each analysis has then been expressed in comparative graphs.

As a conclusion, it is extracted that although both methods have advantages and disadvantages for their application in the environment; It is impossible to recommend one in particular as there is no study that links real detects with those calculated in which the rheological behavior is detected.

**Keywords:** Bridges, Prestress, Post-tensioning, Prestress Losses, Systematization.

## 1. Introducción.

Siendo Bolivia un país aún en desarrollo, existe mucho trabajo por realizar en el campo de los sistemas de transporte, principalmente en las carreteras; en este sentido es de esperarse que durante mucho tiempo la construcción de éstas y sus estructuras sea una inversión principal del estado.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la forma de proteger y asegurar el retorno de los gastos realizados es el conocer la técnica de diseño y como se debe materializar. Dentro del presupuesto de construcción de una carretera, las estructuras generalmente no representan un porcentaje demasiado alto del total; sin embargo, su mal funcionamiento o fallo conduce a gastos elevados como menciona Gjorv, O. E. (2009)..

En el caso particular de los puentes presforzados, es de vital importancia la determinación de las pérdidas de presfuerzo para garantizar el correcto diseño y posterior funcionamiento en servicio de la estructura durante el tiempo de vida útil (Benaim, R. 2008.). En este sentido este trabajo busca una mejor comprensión del fenómeno, particularmente en el caso de puentes simplemente apoyados postensados.

Debido a la disponibilidad actual en el medio local, de varios sistemas de presfuerzo y existiendo algunas variaciones dentro de estos; varios sistemas están basados en el sistema Freyssinet como indica Belmonte, H. (1990). Es práctica frecuente el intercambio de componentes de los mismos, sin embargo, en el momento del cómputo de las pérdidas de presfuerzo no se toman en cuenta las características propias de cada material empleado, ni de los gatos tesadores empleados para la transferencia; usándose valores genéricos tomados de bibliografía o del sistema Freyssinet original. De ésta forma es que los valores calculados no son precisos, ya que dependen de un sinnúmero de variables que el calculista utiliza, basado en su experiencia o conocimiento.

El desarrollo local del postensado que generó el empleo de juntas secas, que es muy exitoso, pero no tiene equivalente en el exterior y no tiene estudios teóricos ni ensayos empíricos que determinen su afectación exacta en el comportamiento del elemento postensado (Subieta, A. 2000.). Dentro del aspecto constructivo, algunas variables a ser mencionadas son los tiempos y momentos para proceder a la inyección o al vaciado de losa, no son controlados con rigurosidad. Estos aspectos no son tomados en cuenta en el momento del cálculo de las pérdidas de presfuerzo ni en las verificaciones realizadas antes de la construcción.

Adicionalmente a esto se debe mencionar también, que no existe una norma específica para el diseño de puentes en Bolivia; la norma empleada por excelencia es la desarrollada por la AASHTO, en su versión llamada Standard (AASHTO. 2002). La cual estuvo en vigencia en los Estados Unidos hasta el año 2004, a partir del cual fue sustituida oficialmente por la más moderna denominada LRFD (AASHTO. 2017). Ésta tiene una concepción más moderna del diseño de estructura y se basa en una filosofía de análisis diferente a la norma anterior.

De acuerdo a literatura norteamericana, ésta última versión no refleja a cabalidad el comportamiento de elementos postensados y a consecuencia de esto, en sus más recientes versiones debió recibir correcciones y mejoras. Es necesario indicar que el sistema de construcción postesada es la más empleada en Bolivia, la adopción de la norma más reciente tiene serios inconvenientes ya que sus coeficientes de mayoración de cargas y minoración de resistencias están muy vinculados a otros aspectos de la norma los cuales no aplicamos, como ser: control de calidad de ejecución, control de calidad de materiales empleados, control de calidad de fabricación y ensamblaje, y de forma rotunda no realizamos mantenimiento ni inspección de las obras ejecutadas.



De ésta forma, la versión Standard es más adecuada para ser usada, ya que sus factores de seguridad son al momento más representativos de la realidad de la construcción del país. Resumiendo, la Norma AASHTO Standard utiliza el procedimiento ASD (Allowable Stress Design) o WSD (Working Stress Design) para cargas con componentes determinísticas, mientras que la ASHTO LRFD utiliza el procedimiento LRFD (Load and Resistance Factor Design) para obtener factores de mayoración de cargas y minoración de resistencias para cargas asumidas como estocásticas (Hewson, N. 2006). Por lo expuesto anteriormente se hace evidente que es necesario un análisis profundo que revise tanto la norma de cálculo como la obtención de los valores de cálculo referentes a los materiales disponibles en nuestro medio, así como los métodos constructivos y sus tiempos. Como no se han realizado estudios prácticos respecto al grado de aplicabilidad real de la norma AASHTO a las condiciones de nuestro medio, es necesario también contar con valores de referencia, es por esto que se propone incorporar al estudio, los detalles y recomendaciones prácticas de la norma desarrollada por la Unión Europea denominada el Eurocódigo (AENOR. 2000). La consecuencia directa de un cálculo deficiente de las pérdidas de presfuerzo es la mala estimación de la fuerza de tesado inicial. Este hecho afecta al comportamiento de la estructura, ya que valores excesivos de la fuerza inicial generan contraflechas excesivas y esfuerzos mayores a los calculados; fuerzas iniciales en defecto generan la pérdida del esfuerzo de compresión y el desarrollo de flechas superiores a las calculadas y por consiguiente deformación.

De tal forma el Objetivo General del presente trabajo es mostrar el desempeño de los modelos de perdidas de presfuerzo AASHTO Standard y Eurocodigo 2 a partir de la introducción de valores representativos de los materiales empleados en nuestro país.

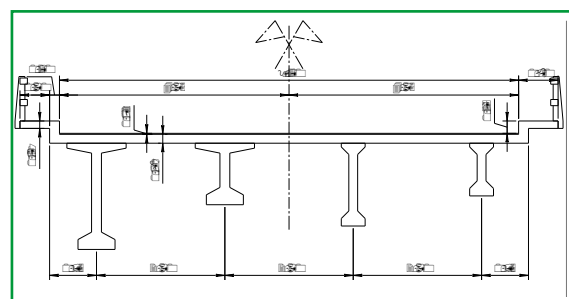


Figura 1 – Sección transversal tipo puente viga losa

Fuente Propia

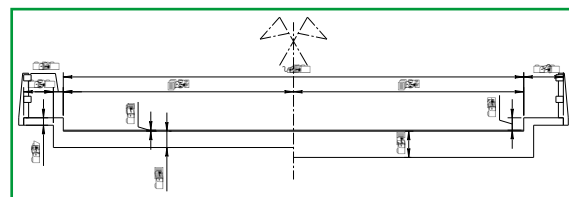


Figura 2 – Sección transversal tipo del puente losa

Fuente Propia

La sección transversal tipo en la mostrada en la figura 1, el ancho de la rodadura es de 9.3m y puede albergar dos carriles de tráfico,

En el caso del sistema viga losa, todos los elementos del tablero permanecen constantes, variando la luz y el tipo de viga empleada. En el caso del sistema de puente tipo losa la geometría se mantiene cambiando únicamente el espesor de la losa, como se muestra en la figura 2.

Las secciones elegidas para el presente trabajo como se mencionó antes, son secciones estándar del Departamento de Transporte de California (Caltrans), se utilizarán las del tipo "I-Beam" y del tipo "Bulb-Tee" tomadas de Nilson, A. (1982) y Nilson, A. (2001). Se han empleado también losas con geometría de tablero constante en las que se varía únicamente el espesor del elemento.

Las luces a analizar en el caso de las losas son: 5, 6, 7, 8, 9, y 10 metros. Para el caso de la sección tipo "I-Beam" se analizan luces de: 10, 12.5, 15, 17.5, 20 y 22.5 metros.

Para el tipo "Bulb-Tee" se analizan luces de: 25, 27.5, 30, 32.5, 35, 40 y 45 metros.



La selección entre la luz de cálculo y la sección empleada está dada a partir de la ecuación de AASHTO Standard que recomienda un peralte en función a la luz como indica también Podolny, W. y Muller, J. (1982).

Los valores característicos de las densidades empleadas son 23.536kN/m<sup>3</sup> para hormigón estructural y 21.575kN/m<sup>3</sup> para la rodadura, se ha empleado una resistencia de 35MPa para las vigas y 21MPa para la losa de acuerdo a recomendaciones de PCI y PTI (1978). Las cargas consideradas son el peso propio de la viga, diafragmas, losa, rodadura, bordillo y acera; se consideró un barandado de 1.35kN/m como las cargas permanentes. En el caso de la carga viva se empleó únicamente la HS-44 de la norma AASHTO Standard, y no el modelo de carga del EUROCODIGO2 debido a que su filosofía de análisis emplea una sobrecarga de mucho más grande que la norma americana, de modo que es más cercana a la concepción usada en AASHTO LRFD y difiere sustancialmente de AASHTO Standard, de modo que no existe una comparación lógica entre los esfuerzos obtenidos.

## 2. Materiales y Métodos.

Se detalla a continuación los elementos desarrollados para la sistematización de pérdidas, mostrando inicialmente los apartados comunes y luego el específico de cada modelo de cálculo. Se muestra el análisis de la sección tipo “Bulb-Tee” BT85 para una luz de 45 metros.

Geometría Transversal				Longitudinal										
x	y	z	W	Nº vigas	Luz	extremo								
m	m	m	kN/m											
barandado			1.350	4.000	45.000 m									
acera	0.600	0.150	2.118			0.150 m								
bordillo	0.200	0.270	1.271											
losa	9.700	0.180	41.094											
rodadura	9.300	0.020	4.013											
diafragma	2.400	1.835	0.250	23.751										
Carga viva HS20-44		Factores de modificación de carga viva				Impacto								
16000.000 lbf		Distribución				0.181								
71.172 kN		ancho				3.350								
		carga viva				fe 3.700 1.423								
		1 0.600 0.600				fi 0.597 1.551								
		2 1.800 2.400				s 2.491 2.600								
		3 1.200 3.600				a 0.859 0.750								
		4 1.800 5.400												
		5 1.200 6.600				fi 1.551 2.600								
Materiales														
Hormigón														
	γ	Wc	fc	Ec	fci	fti	fcs	fts	n					
	kg/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa						
losa	2400.000	23.536	21.000	22458.863	11.550	-1.141	12.600	8.400	0.775					
vigas	2400.000	23.536	35.000	28994.268	19.250	-1.379	21.000	14.000	-2.946					
rodadura	2200.000	21.575												
Acero														
Presfuerzo														
	k	μ	h	Es	RH	A*s	fs	f'y	0.70fs	0.83f'y	0.90f'y	fse	n	CG
			m	MPa	%	m <sup>2</sup>	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		m
	0.003	0.250	0.006	197575.000	80.000	9.87E-05	1861.500	1675.350	1303.050	1390.541	1507.815	1340.280	6.814	0.112
Refuerzo														
			fy	Es										
			MPa	MPa										
			420.000	200000.000										

Figura 3 – Datos de entrada para vigas

Fuente Propia

En la figura 3 observamos en azul todos los valores que pueden ser introducidos.

Tenemos control de la geometría transversal del tablero, control del número de vigas, la luz de cálculo y la distancia entre punto de apoyo y anclaje, el cálculo del factor de distribución de acuerdo a

AASHTO Standard, las resistencias y densidades de los hormigones empleados, como el cálculo de su módulo de elasticidad y tensiones admisibles. Tenemos las propiedades mecánicas del acero de presfuerzo y refuerzo, tensiones admisibles, sección nominal del torón y estado de humedad relativa.

Cálculo del número de cables									
Cargas	Momento			Esfuerzos					
	D	a	h	q	Inf viga	Sup viga	Inf losa	Sup losa	
	m	m	kN/m	kN m	MPa	MPa	MPa	MPa	
peso propio		0.746	17.569	4447.088	-10.622	10.258			
losa	2.600	0.180	11.015	2788.129	-5.980	6.260			
rodadura	2.600	0.020	1.122	283.976	-0.609	0.638			
diafragmas		15.000	23.751	356.266	-0.764	0.800			
bordillo			0.635	160.854	-0.273	0.138	0.107	0.134	
acera			1.059	268.089	-0.455	0.230	0.178	0.223	
barandado			0.675	170.859	-0.290	0.147	0.114	0.142	
<b>L+I</b>									
camión			71.172	2500.250	-4.244	2.148	1.663	2.078	
impacto			0.181	451.852	-0.767	0.388	0.301	0.376	
<b>TOTAL</b>				11427.363	-24.004	21.006	2.363	2.952	
	A	Wi	Yi	CG	e	nP	A*s	fse	Nº
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m	m	m	kN	m <sup>2</sup>	MPa	
	1.143	0.589	1.428	0.112	1.316	7724.465	0.000	1340.280	58.387

Figura 4 – Cálculo preliminar de número de torones para viga

Fuente Propia

En la figura 4 vemos el cálculo preliminar del número de torones necesarios para cubrir los requerimientos de la sección para funcionar sin tensiones en el estado de servicio, el cálculo se realiza despejando la fuerza necesaria para que la parte inferior de la sección compuesta este en esfuerzo 0, empleando la tensión máxima permisible del cable luego de todas las pérdidas.

Propiedades geométricas de la sección								
	Yi	Wi	Ki	Ys	Ws	Ks	I	A
	m	m <sup>3</sup>	m	m	m <sup>3</sup>	m	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>
Sección neta	1.094	0.419	0.000	1.056	0.434	0.000	0.458	0.746
Sección hueca	1.120	0.392	0.586	1.030	0.426	0.539	0.439	0.727
Sección homogenizada	1.050	0.466	0.570	1.100	0.445	0.597	0.490	0.781
Sección homogenizada compuesta	1.428	0.589	0.815	0.902	0.932	0.515	0.841	1.143

Figura 5 – Propiedades geométricas de la sección de viga

Fuente Propia

La figura 5 muestra el resumen de las propiedades geométricas de la sección, calculadas a partir de sus dimensiones nominales y de las propiedades mecánicas de los materiales que componen la sección compuesta. Para su cálculo se han tomado en cuenta la diferencia de hormigones, el acero de presfuerzo, agujeros de vainas y relleno con lechada de cemento.

Trayectoria de cables						
Cable	1	2	3	4	5	CG
d'	0.070	0.070	0.070	0.140	0.210	0.112 m
d"	0.475	0.775	1.075	1.375	1.675	1.075 m
y	0.405	0.705	1.005	1.235	1.465	0.963 m
L	22.650	22.650	22.650	22.650	22.650	22.650 m
A	7.89E-04	1.37E-03	1.96E-03	2.41E-03	2.86E-03	1.88E-03
B	-0.036	-0.062	-0.089	-0.109	-0.129	-0.085
C	0.475	0.775	1.075	1.375	1.675	1.075

Figura 6 – Trayectoria parabólica de los cables para viga

Fuente Propia

En la figura 6 vemos cuál es la geometría del trazo parabólico de cada uno de los cables tomado la ordenada en el centro y en el punto de anclaje, la longitud empleada para el cálculo de la trayectoria como de las pérdidas es la luz de cálculo más la distancia entre apoyo y anclaje asumida de la práctica constructiva como 15 centímetros.

Cálculo de pérdidas de presfuerzo						
Cable	1	2	3	4	5	Total
Nº	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	60.000
C	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	
fs	1396.125	1396.125	1396.125	1396.125	1396.125	MPa
<b>Fricción</b>						
tan a	0.036	0.062	0.089	0.109	0.129	
α	0.036	0.062	0.089	0.109	0.129	
y	0.405	0.705	1.005	1.235	1.465	m
L'	22.655	22.665	22.680	22.695	22.713	m
FR	103.339	111.889	120.375	126.831	133.239	MPa
<b>Hundimiento de cono</b>						
x	16.119	15.491	14.935	14.550	14.196	
th	147.086	153.049	158.747	162.949	167.014	
fo'	1249.039	1243.076	1237.378	1233.176	1229.111	
fx'	1322.582	1319.600	1316.751	1314.651	1312.618	
AS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	MPa
fsi	1292.786	1284.236	1275.750	1269.294	1262.886	MPa
Psi	1.531	1.521	1.511	1.503	1.496	kN
<b>Acortamiento elástico</b>						
fcir	17.696					
ES	60.294	60.294	60.294	60.294	60.294	MPa
<b>Retracción</b>						
SH	27.593	27.593	27.593	27.593	27.593	MPa
<b>Fluencia</b>						
fcds	8.050					
CRc	156.003	156.003	156.003	156.003	156.003	MPa
<b>Relajación del acero</b>						
FR	29.796	35.365	41.002	45.357	49.732	
CRs	17.179	16.789	16.395	16.090	15.784	MPa
<b>Pérdidas totales</b>						
Δfs	200.774	200.385	199.990	199.685	199.379	MPa
fse	1092.011	1083.851	1075.759	1069.608	1063.507	MPa
Pse	0.238	0.237	0.237	0.237	0.236	kN

Figura 7 – Cálculo de pérdidas modelo AASHTO Standard para vigas

Fuente Propia

En la figura 7 vemos el cálculo detallado de pérdidas de cada cable, las ecuaciones empleadas corresponden a cabalidad a las del modelo.

Cargas	Momento		Esfuerzos				y
	q		Inf viga	Sup viga	Inf losa	Sup losa	
	kN/m	kN m	MPa	MPa	MPa	MPa	m
peso propio	17.569	4447.088	-11.348	10.442			
presfuerzo c1	1.531	1.607	6.207	-1.669			
c2	1.521	1.597	6.166	-1.657			
c3	1.511	1.586	6.126	-1.647			
c4	1.503	1.473	5.826	-1.391			
c5	1.496	1.361	5.529	-1.138			
Σ			<b>18.507</b>	<b>2.940</b>			0.063
<b>Δl</b>							
c1	-0.071	-0.075	-0.290	0.078			
c2	-0.071	-0.075	-0.290	0.078			
c3	-0.071	-0.075	-0.290	0.078			
c4	-0.071	-0.070	-0.277	0.066			
c5	-0.071	-0.065	-0.264	0.054			
Δl			-1.409	0.354			
<b>Σ iniciales</b>							
losa	11.015	2788.129	-5.980	6.260			0.056
rodadura	1.122	283.976	-0.609	0.638			
diafragmas	15.000	356.266	-0.764	0.800			
Σ			-7.353	7.697			
<b>Σ intermedias</b>							
bordillo	0.635	160.854	-0.273	0.138	0.107	0.134	
acera	1.059	268.089	-0.455	0.230	0.178	0.223	
barandado	0.675	170.859	-0.290	0.147	0.114	0.142	
Σ			-1.018	0.515	0.399	0.498	
c1	-0.238	-0.323	-0.756	0.069	0.007	0.060	
c2	-0.237	-0.322	-0.755	0.069	0.007	0.060	
c3	-0.237	-0.322	-0.753	0.069	0.007	0.060	
c4	-0.237	-0.305	-0.724	0.055	-0.004	0.046	
c5	-0.236	-0.288	-0.695	0.040	-0.015	0.032	
Δd			-3.682	0.303	0.001	0.259	
<b>Σ en vacío</b>							
camión	71.172	2500.250	-4.244	2.148	1.663	2.078	
impacto	0.181	451.852	-0.767	0.388	0.301	0.376	
Σ			-5.011	2.536	1.964	2.453	
<b>Σ en servicio</b>			<b>0.034</b>	<b>14.344</b>	<b>2.364</b>	<b>3.211</b>	-0.058

Figura 8 – Tensiones modelo AASHTO Standard para vigas

Fuente Propia

La figura 8 muestra la evolución de las tensiones en la viga y en la losa, los efectos del presfuerzo han sido calculados para cada cable de manera independiente, en función a sus pérdidas y excentricidades.

Acortamiento elástico					
n	5.000				
j	0.400				
s c	17.696				
el	48.235	48.235	48.235	48.235	48.235
					MPa
<b>Retracción</b>					
e	0.000				
s	39.769	39.769	39.769	39.769	39.769
					MPa
<b>Fluencia</b>					
f	1.494				
s cQP	5.397				
c	43.612	43.612	43.612	43.612	43.612
					MPa
<b>Relajación del acero</b>					
r	2.500				
t	500000				
m	0.694	0.690	0.685	0.682	0.678
s pr	49.216	47.904	46.634	45.689	44.769
r	31.254	30.420	29.614	29.014	28.430
					MPa
<b>Pérdidas totales</b>					
Δfs	114.635	113.802	112.995	112.395	111.811
fse	1178.151	1170.434	1162.754	1156.898	1151.075
Pse	0.136	0.135	0.134	0.133	0.132
					kN

Figura 9 – Cálculo de pérdidas modelo Eurocódigo 2 para vigas

Fuente Propia

La figura 9 muestra el cálculo detallado de pérdidas de acuerdo al modelo Eurocódigo 2. El cálculo de las pérdidas debido a fricción y hundimiento de cono, al ser iguales no se repite. El resto de los cálculos ha sido realizado a cabalidad empleando las ecuaciones. En el caso de las pérdidas diferidas; como se muestra más adelante ha sido necesario calcular el comportamiento reológico de la sección.

Vemos en la figura 10 el desarrollo de las tensiones en la viga tomando en cuenta las pérdidas del modelo europeo, la acción de la carga viva se ha mantenido empleando la sobrecarga americana, ya que debido a su magnitud no puede compararse directamente como se ha explicado en el capítulo tercero.

Cargas	Momento		Esfuerzos				y
	q		Inf viga	Sup viga	Inf losa	Sup losa	
	KN/m	KN m	MPa	MPa	MPa	MPa	m
peso propio	17.569	4447.088	-11.348	10.442			
presfuerzo							
c1	1.531	1.607	6.207	-1.669			
c2	1.521	1.597	6.166	-1.657			
c3	1.511	1.586	6.126	-1.647			
c4	1.503	1.473	5.826	-1.391			
c5	1.496	1.361	5.529	-1.138			
Σ			<b>18.507</b>	<b>2.940</b>			0.063
c1	-0.057	-0.060	-0.232	0.062			
c2	-0.057	-0.060	-0.232	0.062			
c3	-0.057	-0.060	-0.232	0.062			
c4	-0.057	-0.056	-0.221	0.053			
c5	-0.057	-0.052	-0.211	0.043			
Δi			-1.127	0.283			
Σ iniciales			<b>17.380</b>	<b>3.223</b>			0.057
losa	11.015	2788.129	-5.980	6.280			
rodadura	1.122	283.976	-0.609	0.638			
diafragmas	15.000	356.266	-0.764	0.800			
Σ			-7.353	7.697			
Σ intermedias			<b>10.027</b>	<b>10.920</b>			-0.004
bordillo	0.635	160.854	-0.273	0.138	0.107	0.134	
acera	1.059	268.089	-0.455	0.230	0.178	0.223	
barandado	0.675	170.859	-0.290	0.147	0.114	0.142	
Σ			-1.018	0.515	-0.399	0.498	
c1	-0.136	-0.184	-0.432	0.040	0.004	0.034	
c2	-0.135	-0.183	-0.429	0.039	0.004	0.034	
c3	-0.134	-0.182	-0.425	0.039	0.004	0.034	
c4	-0.133	-0.171	-0.407	0.031	-0.002	0.026	
c5	-0.132	-0.161	-0.390	0.023	-0.009	0.018	
Δd			-2.083	0.171	0.001	0.147	
Σ en vacío			<b>6.926</b>	<b>11.607</b>	<b>0.400</b>	<b>0.645</b>	-0.019
camión	71.172	2500.250	-4.244	2.148	1.663	2.078	
impacto	0.181	451.852	-0.767	0.388	0.301	0.376	
Σ			-5.011	2.536	1.964	2.453	
Σ en servicio			<b>1.915</b>	<b>14.142</b>	<b>2.364</b>	<b>3.099</b>	-0.050

Figura 10 – Tensiones modelo Eurocódigo 2 para vigas

Fuente Propia

Resistencia característica	fck	35.000 MPa		
Sección transversal de hormigón	Ac	0.746 m <sup>2</sup>		
Perímetro expuesto	u	5.050 m		
Edad del hormigón al cargarse	t0	30.000 días		
Temperatura ambiente	T	20.000 °C		
Humedad relativa del ambiente	RH	80.000 %		
Tipo de cemento	Class	N		
Edad del Hormigón al fin de curado	ts	7.000 días		
	fc	43 Mpa		
	ho	295.6292 mm		
<b>Retracción</b>			<b>Fluencia</b>	
α1	0.866	kh	0.75	
α2	0.960	brh	0.756	
α3	0.902	a ds1	4	
α	0	a ds2	0.12	
φrh	1.209	e cd0	2.53E-04	
tT	29.944	eca8	6.25E-05	
tOT	29.944			
b(fcm)	2.562			
b(to)	0.482			
bh	881.669			
f0	1.494	bds(t,ts)	1.000	
t	1E+300	bas(t)	1.000	
b(t,to)	1.000	ecd(t)	1.911E-04	
f(t,to)	1.494	eca(t)	6.250E-05	
		ecs	2.536E-04	

Figura 11 – Modelo reológico Eurocódigo 2

Fuente Propia

La figura 11 muestra el cálculo de la evolución reológica de la pieza tanto en retracción como en fluencia, necesario para el cálculo de las pérdidas

respectivas. Este modelo tiene la ventaja de proporcionar un cálculo más preciso, sin embargo, requiere de varios parámetros que muchas veces son desconocidos. El cálculo mediante el modelo americano arroja magnitudes muy similares que requieren muchos menos datos de entrada.

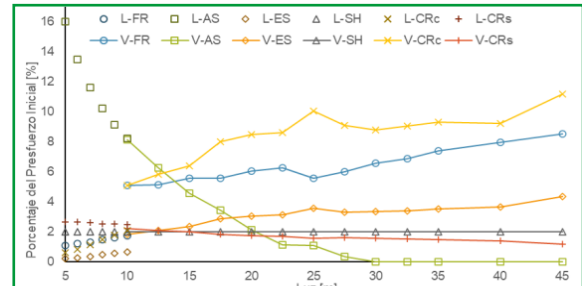


Figura 12 – Análisis de sensibilidad modelo AASHTO

Fuente Propia

### 3. Resultados.

En la figura 12 observamos el desarrollo del modelo AASHTO Standard, su evolución en magnitud es mayor al desarrollo mostrado por el modelo europeo. Se observa que el comportamiento de las funciones es lineal.

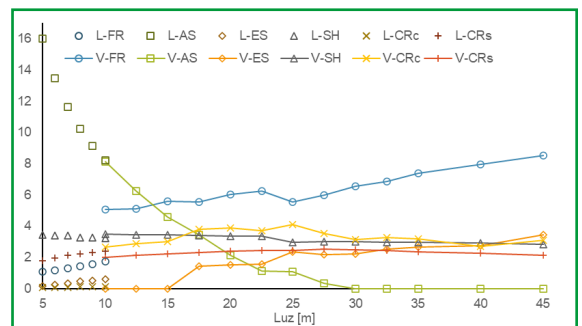


Figura 13 – Análisis de sensibilidad modelo Eurocódigo 2

Fuente Propia

En la figura 13 se observa el desarrollo de las pérdidas de acuerdo al modelo Eurocódigo 2, en contraste con el modelo americano el desarrollo de las mismas es un poco más suave y en magnitud es en general menor. Las funciones son más complejas y tienen una tendencia convergente.

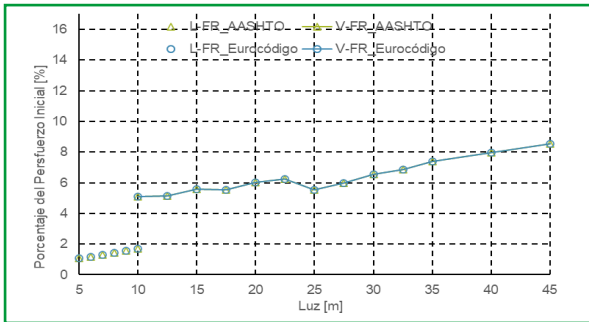


Figura 14 – Pérdidas por Fricción

Fuente Propia

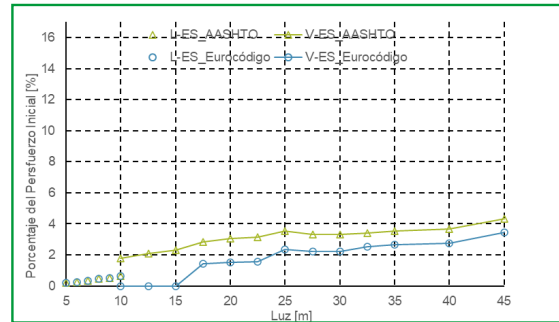


Figura 16 – Pérdidas por Acortamiento elástico

Fuente Propia

Es evidente en la comparación de la figura 14 que el concepto de la pérdida de fricción es exactamente igual en ambos modelos, en el apartado de 10 metros se observa claramente el cambio del sistema estructural de losa a viga, el salto en este punto es debido a que el cambio de una excentricidad pequeña en la losa a uno mayor en la viga genera una mayor variación angular de modo que la pérdida es mayor para la viga.

El concepto de la pérdida por acortamiento elástico es prácticamente el mismo en ambos modelos como se observa en la figura 16, su diferencia está en el término que indica la influencia de los tesaos sucesivos de los cables, en el caso del modelo AASHTO Standard el valor es constante en 0.5, en el caso del EURO CÓDIGO 2 la relación tiene la forma  $(n-1)/(2n)$ , en el caso de las losas, al ser varios cables, el término tiende a 0.5 siendo prácticamente igual el valor de la pérdida, en el caso de vigas en el modelo europeo si se tiene un único cable la pérdida es 0 ya que no hay tesaos posterior, como ocurre en la realidad. El modelo americano en este caso permite calcular la pérdida. En vigas con 2 cables o más y a medida que aumenta el número de cables se observa que la pérdida tiende a ser igual.

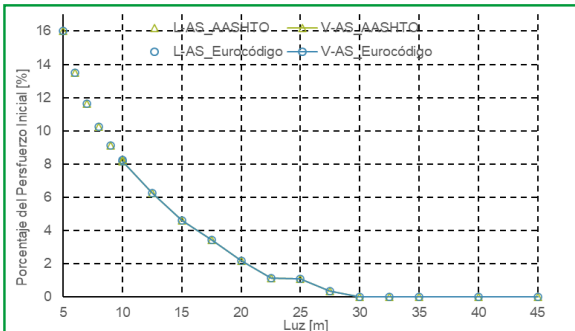


Figura 15 – Pérdidas por Hundimiento de cono

Fuente Propia

Al igual que en el apartado anterior el concepto de pérdida por hundimiento de cono es el mismo en ambas normas, se observa en la figura 15 claramente su gran influencia en la zona de las losas debido a su corta longitud, en las vigas a partir de una luz de 27.5 metros su influencia ya no llega al centro de la luz, de modo que la pérdida no se considera.

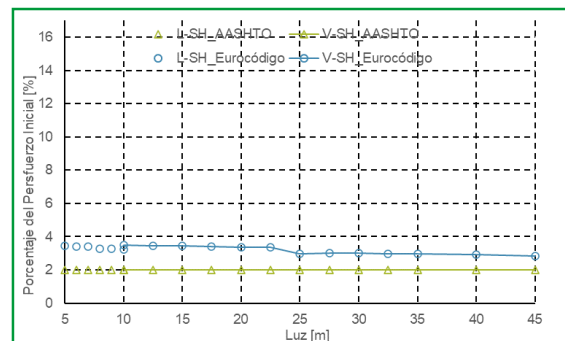
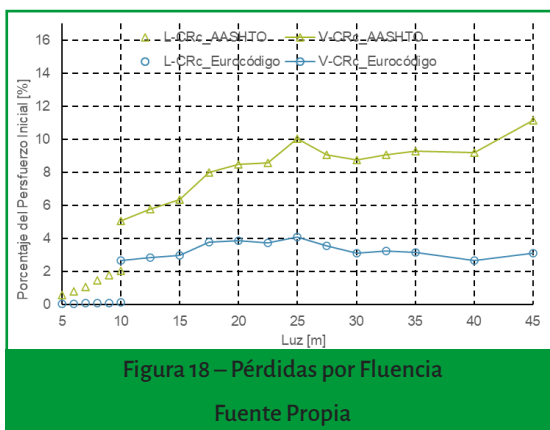


Figura 17 – Pérdidas por Retracción

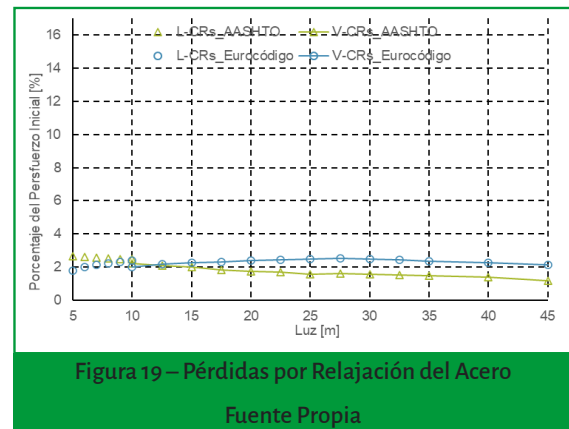
Fuente Propia

El la figura 17 se observa claramente que para AASHTO Standard el desarrollo de la pérdida por retracción depende únicamente de la humedad relativa, en contraste con el modelo europeo el cual se calcula la pérdida a partir de la deformación por retracción de la pieza. Sin embargo, la magnitud de la pérdida calculada por el método europeo en promedio es constante, por lo que para fines prácticos y en el caso de no contar con información detallada de la reología y al no estar encadenado a otro cálculo el modelo AASHTO Standard tiene un desempeño aceptable.



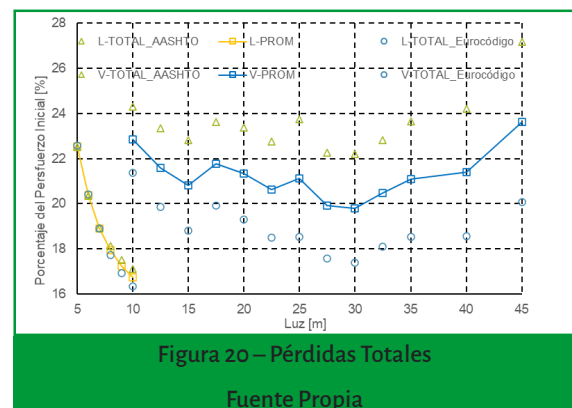
La figura 18 muestra claramente que en el caso de la retracción el modelo americano tiene una tendencia a maximizar la pérdida. En contraste el modelo europeo es más conservador y utiliza además para su cálculo el coeficiente de retracción de la pieza.

A diferencia del modelo americano su desarrollo es en promedio constante. En ambos modelos se observa en el cambio de losa a viga la influencia del nivel de los esfuerzos generados en la sección por las cargas permanente. En la zona de losa se observa la diferencia del concepto de la pérdida. El caso europeo es una función que tiende a un valor constante, en el caso americano se evidencia que se trata de una función lineal ascendente mucho más simple. El modelo americano este aspecto es bastante sencillo ya que toma en cuenta solamente el estado tensional. En contraste, el modelo europeo utiliza parámetros reológicos para el cálculo.



En la figura 19 podemos observar que en ambos modelos el cálculo de la pérdida por relajación del acero es en magnitud muy similar. Sin embargo, el modelo americano se basa únicamente en el estado tensional de la pieza y utiliza relaciones lineales con la pérdida por fricción para su cálculo. El modelo europeo es mucho más complejo y utiliza aparte del coeficiente de fluencia, la curva de relajación propia de material. Si bien en ambos casos la magnitud de la pérdida no es tan grande, el modelo americano parecería demasiado simple, el modelo numéricamente es más robusto y en teoría estaría arrojando un valor más próximo al real.

A continuación, la figura 20, muestra el desarrollo del total en función de la luz y el tipo de elemento, vemos claramente la tendencia del modelo americano a entregar valores mayores a los calculados por el modelo europeo, como referencia se ha calculado también el promedio de ambos valores. Podemos observar que, si bien la magnitud de las pérdidas tiene una tendencia opuesta, la forma de la curva en muy similar en ambos casos.



Es importante observar el tramo de las losas comprendido entre los 5 y 10 metros en el cual la pérdida decrece con la longitud del elemento, esto es debido principalmente al efecto de la pérdida por hundimiento de anclaje, en los elementos cortos existe gran influencia a medio tramo, a medida que el elemento crece en luz, el área de efecto se disipa de modo que la pérdida se reduce en magnitud y reduce la suma.

#### 4. Discusión.

La principal contribución de este trabajo ha sido develar la magnitud de las diferencias encontradas aplicando AASHTO Standard y Eurocódigo 2, a partir de su desempeño usando como datos de entrada valores característicos de los materiales usados en el medio. Siendo el segundo más avanzado tiene ya características de ser estocástico y no determinístico como el primero.

Se corrobora que la reología del hormigón es muy importante para el pronóstico de cualquier evento dependiente del tiempo.

En casos conservadores con pocos datos, se desempeña mejor el modelo AASHTO Standard. En casos rigurosos y donde hay datos, se puede realizar una predicción más precisa mediante el empleo del Eurocódigo 2.

Sin embargo, es imposible la recomendación de un método en particular al no existir un estudio que vincule mediciones reales con las calculadas, en las que se además se incluya el control y mediciones del comportamiento reológico.

#### 5. Bibliografía.

- ◻ AASHTO. (2002). Standard Specifications for Highway Bridges 17th Edition. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ◻ AASHTO. (2017). LRFD Bridge Design Specifications 8Th Edition. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ◻ AENOR. (2000). Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- ◻ Belmonte, H. (1990). Puentes 4ta Edición. La Paz: Imprenta Ramírez.
- ◻ Benaim, R. (2008). The Design of Prestressed Concrete Bridges: Concepts and Principles. Oxon: Taylor & Francis.
- ◻ Gjorv, O. E. (2009). Durability Design of Concrete Structures in Severe Environments. New York: Taylor & Francis.
- ◻ Hewson, N. (2006). Prestressed Concrete Bridges: Design and Construction. London: Thomas Telford Publishing.
- ◻ Nilson, A. (1982). Diseño De Estructuras De Concreto Presforzado. México: Limusa.
- ◻ Nilson, A. (2001). Diseño De Estructuras De Concreto. Bogotá: McGraw-Hill.
- ◻ PCI y PTI (1978). Precast Segmental Box Girder Bridge Manual. Chicago: Prestressed Concrete Institute & Post-Tensioning Institute.
- ◻ Podolny, W. y Muller, J. (1982). Construction And Design Of Prestressed Concrete Segmental Bridges. New York: John Wiley & Sons.
- ◻ Subieta, A. (2000). Hormigón Pretensado. La Paz, Ed. Sagitario.

# ARTÍCULO 4



# “Evaluación Geo- Estadística de la radiación solar, a través de imágenes Goes- Datos Observación Meteorológica en el departamento de Tarija”

## Geo-statistical evaluation of solar radiation, through Goes images - meteorological observation data in the department of Tarija

Escalante Álvarez Adelaida Evelyn<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Docente del Dpto. de Topografía y Vías de Comunicación - Carrera de Ingeniería Civil- Facultad de Ciencias y Tecnología -UAJMS*

<sup>1</sup> **Correspondencia del autor(es):** [evita697@gmail.com](mailto:evita697@gmail.com), dirección.

### Resumen

El conocimiento exacto sobre la radiación solar se orienta en su multiplicidad de aplicaciones que contienen nuevas metodologías de generación, fuentes energéticas renovables a un costo bajo. La información solar obtenida en campo, se lo realiza por un conjunto de estaciones de observación con equipamiento e instrumentación especializada, el cual requiere mantenimiento e instalación costosa.

Es importante realizar una evaluación geostatística, comparativa de la información de la irradiación obtenida Global y de Campo, la cual nos facilitará realizar un atlas temático de la radiación evaluada, mediante la interpolación / extrapolación de datos, aplicando la cartografía digital y su integración con módulos GIS.

Los resultados de la evaluación estadística, indican que existe un error en el BIAS de 0.0041, MAE de 0.0103 y RMSE de 0.0174 entre los datos GOES vs. Estación Experimental (de observación directa). Observando que los valores aceptables, son menores a ( $\alpha > 0.05$  a 0.95), en la evaluación Geoestadística, del algoritmo Kriging tanto para GOES y Experimental.

Comprobándose que la significancia de error establecido para el BIAS 0.00436, MAE 0.01444 y RMSE de 0.01883, demostrando así que la significancia de error entre estas, son para el BIAS 0.00028, MAE 0.00413 y RMSE 0.00148 comprobando así, la información generada por GOES son aceptables en la calidad de medición, como el grado de incertidumbre en su precisión está por 95% de aceptabilidad, validados por los modelos conseguidos en la interpolación y extrapolación geostatística. Obteniendo de esta manera una colección de mapas de radiación solar para el departamento de Tarija.

### Palabras claves:

Radiación Solar, Teledetección, Goes, Evaluación Geoestadística, Kriging

### Abstract:

The exact knowledge about solar radiation is oriented in its multiplicity of applications that contain new generation methodologies, renewable energy sources at a low cost. The solar information obtained in the field is carried out by a set of observation stations with

specialized equipment and instrumentation, which requires expensive maintenance and installation.

It is important to carry out a geostatistical, comparative evaluation of the Global and Field irradiation information obtained, which will facilitate us to make a thematic atlas of the evaluated radiation, through the interpolation / extrapolation of data, applying digital cartography and its integration with modules.

The results of the statistical evaluation indicate that there is an error in the BIAS of 0.0041, MAE of 0.0103 and RMSE of 0.0174 between the GOES vs. Experimental Station (direct observation). Observing that the acceptable values are less than ( $\alpha > 0.05$  to 0.95), in the Geostatistical evaluation, of the Kriging algorithm for both GOES and Experimental.

Checking that the error significance established for BIAS 0.00436, MAE 0.01444 and RMSE of 0.01883, thus demonstrating that the error significance between these, are for BIAS 0.00028, MAE 0.00413 and RMSE 0.00148 thus checking, the information generated by GOES are acceptable in the quality of measurement, as the degree of uncertainty in its precision is by 95% of acceptability, validated by the models obtained in the geostatistical interpolation and extrapolation. Obtaining in this way a collection of solar radiation maps for the department of Tarija.

**Keywords:**

Solar Radiation, Remote Sensing, Goes, Geostatistical Evaluation, Kriging

## 1. Introducción

La energía solar es producida en función del sol, catalogándose en un factor importante para la determinación del potencial energético, que mediante procesos de interacción espacio tiempo con la atmósfera terrestre incide en la tierra en forma de radiación solar.

Es así que para obtener datos de la incidencia solar han desarrollado equipos tecnológicos

que obtienen esa información de acuerdo a una geo-espacialización de tiempo y lugar, sin embargo, estos datos han presentado variabilidades de comportamiento espacio-temporal, que nos permiten definir de manera precisa las características principales de este recurso, los más esenciales son: Diversidad en la serie de datos en función a los intervalos del tiempo de medición, distribución e inexistencia de algunas estaciones de medición en la zona de estudio.

A causa de estos problemas surgen metodologías para estimar la radiación de manera automatizada y globalizada, una de las más usadas es por medio de la Teledetección en base a imágenes de satélites meteorológicos, principalmente los satélites GOES 16, creados por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos, con la NASA), está siendo utilizado globalmente con un alcance de captura de información en una imagen del disco entero de la Tierra cada 15 minutos.

Con las imágenes capturadas por estos dispositivos y a partir de técnicas de Teledetección, se podrán crear modelos digitales espaciotemporales y estadísticos, que nos permitirán evaluar el mejor potencial de la radiación solar en superficie, a través de datos de los satélites GOES-16.

Estudios en América del Sur han desarrollado investigaciones (Empleo de Imágenes Satelitales GOES en el Cálculo de la Irradiación Solar Global en Distintas Zonas de Argentina (Righini, 2004), Aplicaron el modelo estadístico de Tarpley empleando imágenes del satélite GOES- 8 y 16, para el período de mayo de 2000 a enero de 2001 sobre cinco localidades en Argentina; se encontraron errores promedio de estimación en los datos diarios y en los medios mensuales.

A la fecha y en el contexto nacional se encuentran investigaciones sobre la estimación de la Radiación Solar en Bolivia, utilizando modelos S.I.G. e Imágenes Satelitales; un estudio realizado por Marcelo Lucano, determinó un mapa de radiación solar para Cochabamba (Lucano, 2016), pero que

no implica la calidad de información estimada no en la capacidad, sino en la calidad de datos emitidos globalmente. A nivel departamental de Tarija no se tiene ningún estudio en el contexto de la radiación solar como tal.

Los trabajos mencionados anteriormente ponen de manifiesto la variabilidad de la utilización de IMÁGENES DE SATÉLITE, sin embargo ninguno de los estudios realiza la evaluación cualitativa de la información, al estar directamente correlacionada con los datos solares emitidos por sensores remotos, se considera a esta variable, importante para la investigación de la evaluación geoestadística de los datos solares obtenidos por imágenes GOES-16 /estación experimental U.A.J.M.S. y cuantificar el grado de mejor potencial de la radiación solar y su correspondiente mapeo cartográfico digital en el departamento de Tarija

## 2. Objetivo general

Evaluar los datos de información solar obtenidos por medio del satélite GOES/ Estación experimental UAJMS, para la estimación de la radiación solar en relación a su potencial de incidencia.

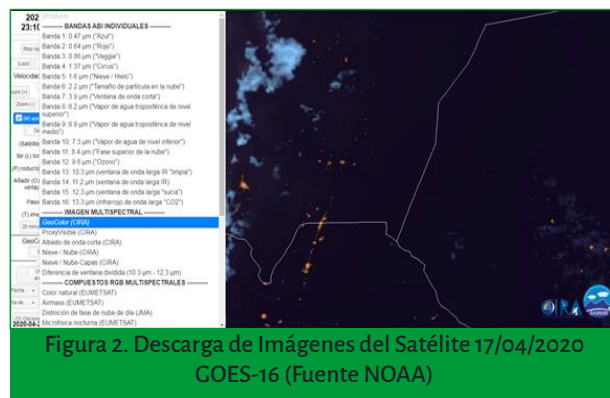
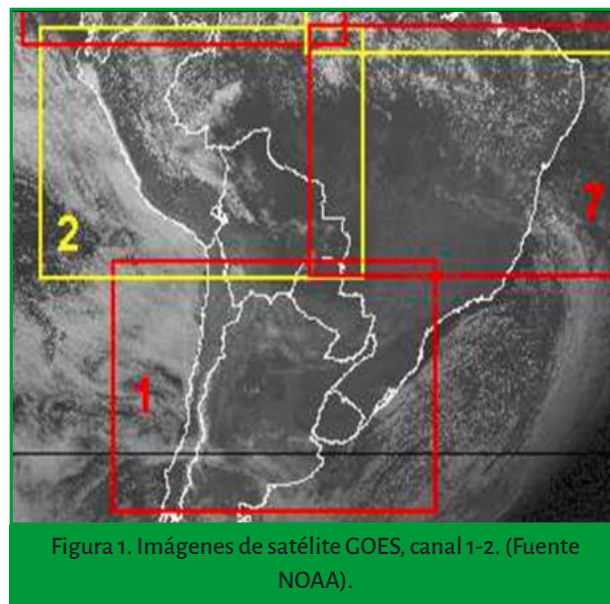
### 2.1. Objetivos específicos

- ⊙ Analizar la información de energía solar emitido por el satélite GOES-16/ U.A.J.M.S.
- ⊙ Caracterizar los datos óptimos de la incidencia solar por medio de la interpolación.
- ⊙ Determinar los estándares admisibles en el modelamiento geoestadístico.
- ⊙ Realizar la Cartografía Temática Digital de la Radiación Solar de todo el Departamento de Tarija.

## 3. Materiales y métodos

Imágenes GOES de fechas 11,13,15,17,20,22 de noviembre del año 2019 derivada del satélite Geostationary Operational Environmental Satellite GOES) con una resolución espacial de 1 Km<sup>2</sup>, y temporal de 30 minutos, adquiridas del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) donde se realizó la búsqueda, obtención y descarga de la información solar, obtenidas desde la página <https://www.bou.class.noaa.gov/saa/products/resultsAVHRR>.

### IMÁGENES GOES



### 3.2. Procesamiento de imágenes GOES -16

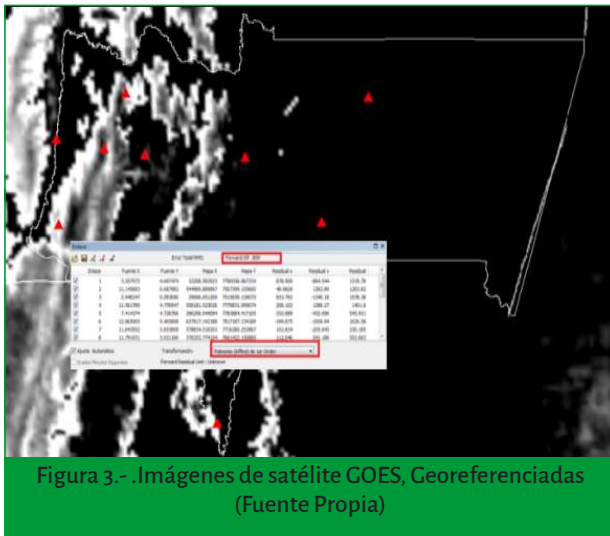


Figura 3.- Imágenes de satélite GOES, Georeferenciadas (Fuente Propia)

### 3.1. Instrumentación y Metodología



Figura 4. Piranómetro recolección de información solar (Fuente propia)



Figura 5. Computadora Core i7 en la descarga de información solar de las estaciones Experimentales utilizada en la investigación. (Fuente propia)

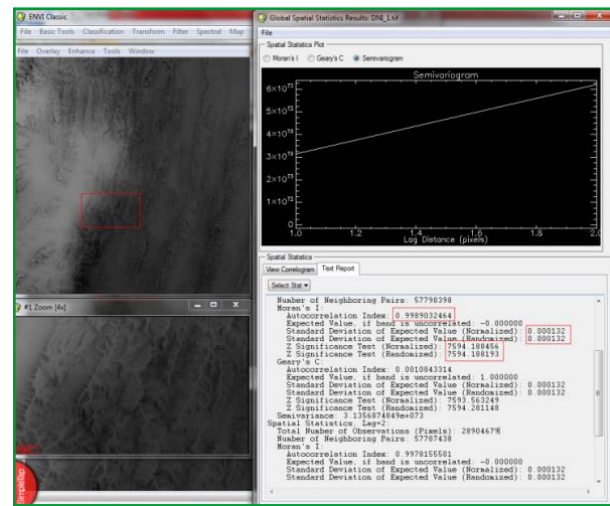


Figura 6. Análisis Geoespacial Datos solares DNI, DIF, GHI, GTI Envi (Fuente Propia)

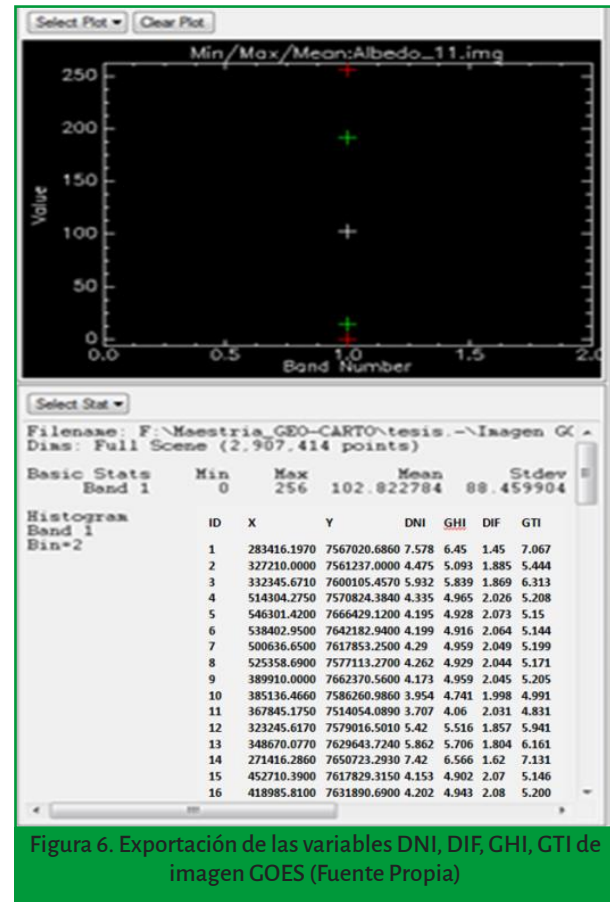


Figura 6. Exportación de las variables DNI, DIF, GHI, GTI de imagen GOES (Fuente Propia)



### 3.3. Análisis estadístico de calidad de los distintos elementos solares Goes- Estación experimental

Aplicamos los métodos estadísticos a toda la información obtenida, es decir, a datos GOES-16 y los de medición experimental, presentando la planilla correspondiente del análisis. Lo cual se obtiene resultados estadísticos en los siguientes rangos establecidos.

#### 3.3.1. Error Medio Cuadrático RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_j)^2}{N}}$$

Dónde:

$y_i$  =es el valor de rradiancia de la imagen Goes

$y_j$  =es la rradiancia real medida

$N$  =es el número de pares de valores modelados.

Los resultados también pueden ser expresados de los límites del intervalo de confianza de 95%, según recomendaciones de estimaciones de calidad para datos geospaciales para dar cuenta de la variabilidad de las estimaciones de estos parámetros. (Goovaerts, 2007)

#### 3.3.2. Error Medio o Bias

El error medio, también llamado Sesgo o Bias, indica la dirección promedio de la desviación de valores observados, pero no puede reflejar la magnitud del error. Mide el error promedio de un número de observaciones encontradas tomando el valor medio de los errores positivos y negativos sin hacer caso de la señal. (Sandoval, 2017)

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_j)}{N}$$

- ⊙ Si Bias > 0, sesgo positivo señala que el valor estimado sobre estima el valor obedecido en promedio

- ⊙ Si Bias < 0, sesgo negativo corresponde a una subestimación del valor promedio. (Goovaerts, 2007)

#### 3.3.3. Error medio absoluto (MAE)

El error medio absoluto, mide la magnitud promedio de los errores de un set de valores estimados, sin considerar su dirección. El error medio absoluto es una puntuación lineal que quiere decir que todas las diferencias individuales tienen el mismo peso en función al promedio. (Sandoval, 2017)

$$MAE = \sum_{i=1}^N \frac{|\hat{x}^i - x^i|}{N}$$

$$Error\ absoluto\ (\%) = 100 \frac{MAE}{\bar{x}^i}$$

#### 3.3.4. Coeficiente de correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson es un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. (Goovaerts, 2007). El cálculo del coeficiente de correlación lineal se realiza dividiendo la covarianza por el producto de las desviaciones estándar de ambas variables:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Siendo:

- ⊙  $\sigma_{XY}$  la covarianza de (X,Y)
- ⊙  $\sigma_X$  y  $\sigma_Y$  las desviaciones típicas de las distribuciones marginales.

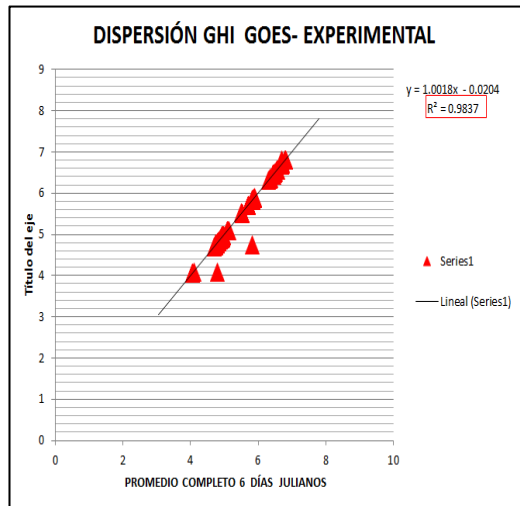
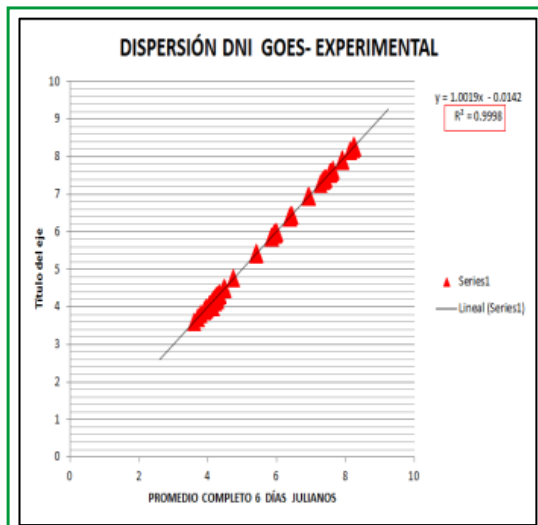


Figura 7. Cuadro de datos de la dispersión y línea de tendencia DGNI-GHI (Fuente Propia)

### 3.4. Análisis Geo-Estadístico de calidad de los distintos modelos de representación (Geo-Estatistical análisis en el ARCGIS 10.3)

Inicialmente y con el objetivo de explorar y comprobar la bondad de los datos solares, analizados estadísticamente, normalizadas y promediados; la comprobación realizada fue en el Geostatistical Analyst del software ArcGIS. 10.3, cuyos valores obtenidos en la desviación estándar es de (0.2585 DNI, 0.1331, GHI, 0.1264, DIF, 0.1405 GTI), lo cual se encuentra dentro del valor ( $\sigma = 0,69$ ), tal como se muestra en los cuadros posteriores descriptos. (Schmit, 2012)

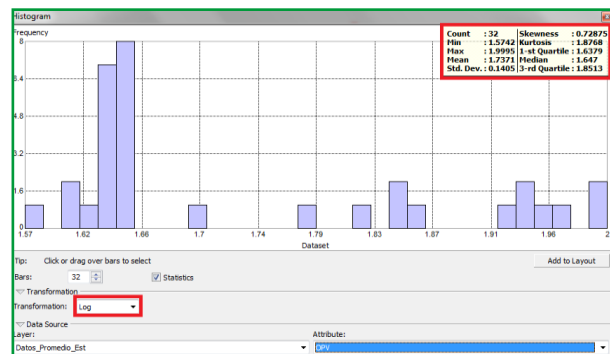


Figura 8. Determinación de la Desviación Estándar datos GOES (Fuente Propia)

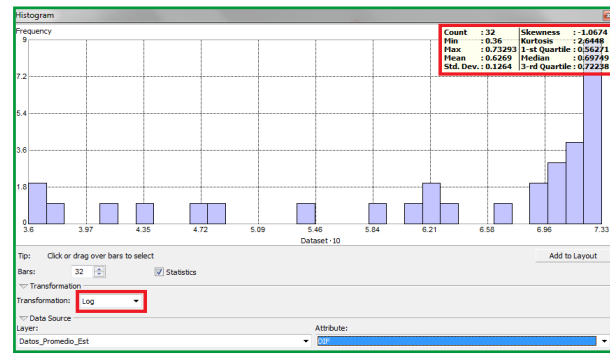


Figura 9. Determinación de la Desviación Estándar datos Estación Experimental (Fuente Propia).

#### 3.4.1. Semivariogramas.

El rango obtenido en el gráfico de predicción de GOES vs Experimental, muestra una buena correlación y exactitud en la predicción. Los semivariogramas determinados muestran un rango de valor admisible de 0.01183467 para los datos solares interpolados de la estación experimental y un valor de 0.011867281, para los datos del GOES; de la interpretación de datos se indica que existe una alta correlación de la información, tal como lo muestra el gráfico.

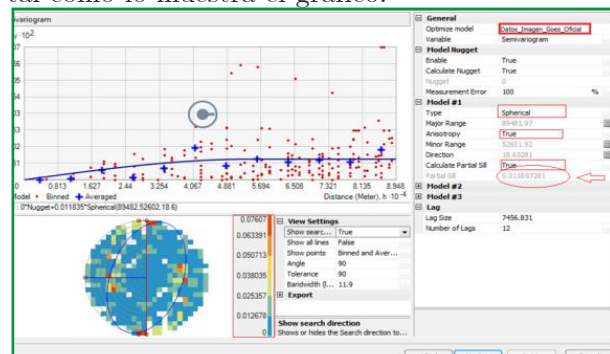
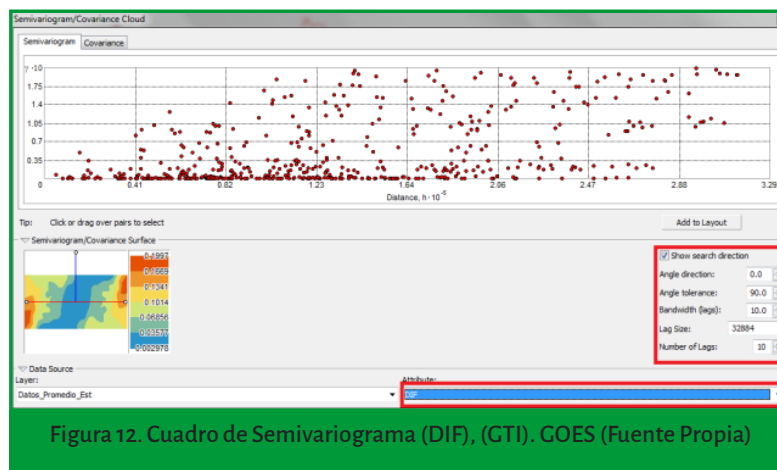
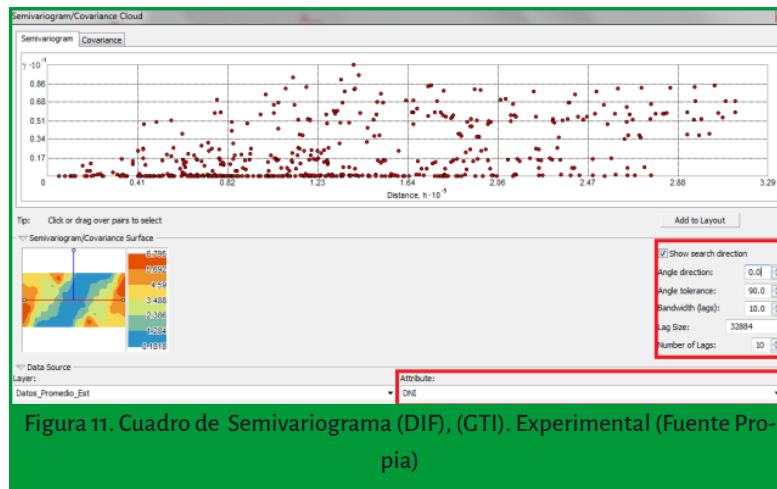


Figura 10. Cuadro de Semivariograma (DNI), (GHI). GOES (Fuente Propia)

### 3.4.2. Análisis del Semivariograma de la normalización de Datos Radiación (DNI), GHI), (DIF), (GTI) Experimental.



## 4. Resultados y Discusión.

### 4.1. Estadístico

En base al análisis estadístico univariado, de datos solares de la Estación Experimental y las imágenes GOES, se obtuvieron los resultados correspondientes de los errores (BIAS, MAE, RMSE) de las variables (DNI, DIF, GHI, GTI) en una muestra de 32 estaciones.

Los valores obtenidos nos muestran una fiabilidad alta y positiva a la evaluación de datos, cuyo promedio es de BIAS 0.0041, MAE 0.013, RMSE 0.0174 son menores que ( $\alpha < 0.05$ ), tal como lo muestra la tabla siguiente.

CUADRO DE RESUMEN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ERRORES MAE-BIAS-RM SE)											
BIAS				MAE				RM SE			
BIAS (DNI)	BIAS (GHI)	BIAS (DIF)	BIAS (GTI)	MAE (DNI)	MAE (GHI)	MAE (DIF)	MAES (GTI)	RMSE (DNI)	RMSE (GHI)	RMSE (DIF)	RMSE (GTI)
0.005	0.011	0.002	-0.001	0.008	0.015	0.007	0.012	0.011	0.03	0.01	0.018
0.0041				0.0103				0.0174			

Tabla 1. Cuadro de Resultados Análisis Estadístico BIAS. MAE – RMSE (Fuente Propia)

Análisis estadístico de error datos solares imágenes GOES vs mediciones directas experimental													
N°	Estación	BIAS				MAE				RM SE			
		BIAS (DNI)	BIAS (GHI)	BIAS (DIF)	BIAS (GTI)	MAE (DNI)	MAE (GHI)	MAE (DIF)	MAES (GTI)	RMSE (DNI)	RMSE (GHI)	RMSE (DIF)	RMSE (GTI)
1	Huallajara	0.003	0.001	0.000	0.002	0.004	0.002	0.002	0.003	0.005	0.002	0.003	0.003
2	Cachimayu	0.004	0.007	0.003	0.003	0.004	0.008	0.003	0.004	0.005	0.014	0.004	0.004
3	Calamuchita	0.003	0.004	0.002	0.003	0.005	0.007	0.004	0.008	0.006	0.008	0.005	0.009
4	Las Moras	0.003	0.001	0.001	0.001	0.004	0.004	0.002	0.005	0.005	0.005	0.003	0.006
5	Los Galpones	0.014	-0.003	0.010	-0.006	0.016	0.009	0.010	0.012	0.008	0.015	0.021	0.020
6	Las Bandurrias	0.004	0.002	0.000	0.001	0.005	0.007	0.004	0.004	0.006	0.009	0.005	0.005
7	Ibibobo	0.018	0.011	-0.004	0.012	0.018	0.011	0.012	0.012	0.007	0.017	0.015	0.021
8	Los Valdez	-0.001	-0.001	0.002	-0.001	0.009	0.009	0.004	0.009	0.004	0.004	0.004	0.005
9	Ñaurenda	0.004	0.006	0.003	0.001	0.006	0.006	0.003	0.003	0.007	0.007	0.003	0.004
10	Chiquiaca Norte	0.004	-0.001	0.004	0.004	0.004	0.006	0.006	0.004	0.006	0.009	0.007	0.005
11	Playa ancha	0.005	0.003	0.002	0.004	0.005	0.003	0.002	0.004	0.006	0.003	0.002	0.004
12	Padcaya	0.003	0.001	0.003	0.005	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.005	0.003	0.005
13	Junacas	0.006	0.001	0.003	0.007	0.008	0.005	0.004	0.010	0.009	0.006	0.005	0.013
14	El puente	-0.001	0.003	0.002	0.005	0.003	0.004	0.003	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
15	Palmar Grande	0.003	0.004	0.010	-0.002	0.006	0.006	0.011	0.007	0.007	0.007	0.021	0.010
16	Palos Blancos	0.005	0.002	0.005	0.013	0.006	0.006	0.005	0.015	0.007	0.007	0.006	0.024
17	Praguay 2	-0.001	0.002	0.002	0.000	0.006	0.003	0.006	0.004	0.007	0.004	0.008	0.005
18	Praguay 1	0.002	0.003	0.007	-0.001	0.002	0.004	0.008	0.005	0.003	0.004	0.013	0.006
19	Chuquisaca 1	0.010	0.007	-0.002	-0.006	0.010	0.007	0.007	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
20	Tiguipa	0.012	0.005	0.000	0.010	0.012	0.005	0.011	0.010	0.023	0.007	0.014	0.014
21	Cantu Pampa	0.005	-0.001	0.003	0.002	0.011	0.009	0.009	0.004	0.013	0.012	0.011	0.005
22	La Higuera-Huana	0.003	0.003	0.007	0.002	0.005	0.004	0.007	0.002	0.005	0.004	0.012	0.003
23	Yunchara	0.003	-0.019	0.002	-0.004	0.005	0.020	0.003	0.004	0.006	0.041	0.005	0.005
24	Carrizal	0.002	-0.001	-0.002	0.004	0.004	0.003	0.002	0.006	0.005	0.004	0.002	0.009
25	Huacata	0.000	-0.002	0.002	-0.002	0.001	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.005	0.004
26	Iscayachi	-0.005	-0.002	-0.001	0.014	0.005	0.004	0.001	0.015	0.008	0.005	0.001	0.031
27	Tarija	0.003	0.182	0.009	-0.006	0.006	0.183	0.012	0.015	0.009	0.444	0.025	0.022
28	Bermejo	0.000	0.000	-0.011	-0.003	0.002	0.005	0.025	0.005	0.002	0.006	0.043	0.006
29	Yacuiba	-0.009	0.002	-0.001	-0.003	0.010	0.005	0.007	0.004	0.017	0.007	0.010	0.005
30	Villamontes	0.005	0.002	-0.018	0.015	0.009	0.004	0.021	0.022	0.017	0.004	0.041	0.041
31	Entre Rios	0.019	0.000	-0.001	-0.001	0.022	0.004	0.003	0.002	0.039	0.004	0.003	0.002
32	Caraparí	0.026	0.118	0.020	-0.103	0.027	0.120	0.020	0.129	0.61	0.286	0.030	0.284
Total Promedio		0.005	0.011	0.002	-0.001	0.008	0.015	0.007	0.012	0.011	0.030	0.010	0.018

Tabla 2 Cuadro de resultados BIAS. MAE – RMSE datos GOES / Estación Experimental (Fuente Propia)



## 4.2. Geoestadística (Kriging) Desviación Estándar

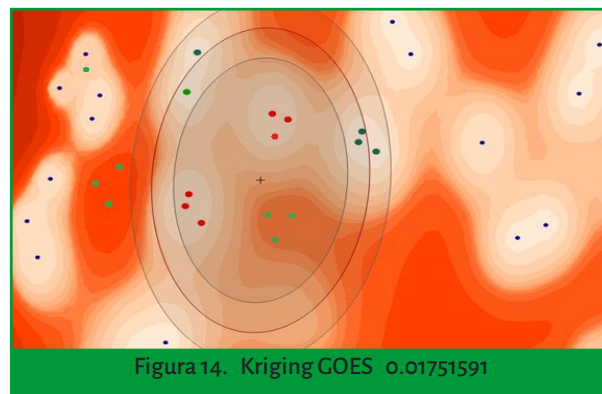
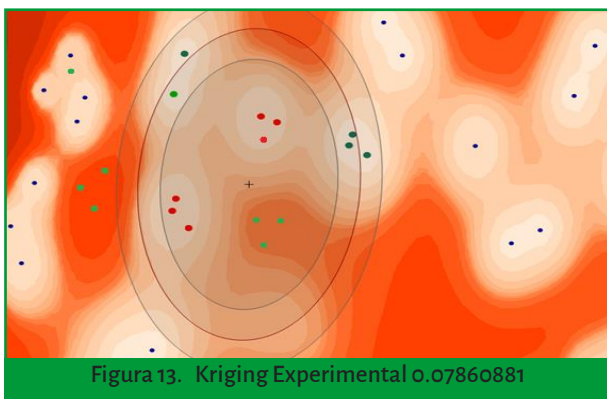
Los resultados de la comprobación realizada, se obtienen valores de (0.2585 DNI, 0.1331 GHI, 0.1264 DIF, 0.1405 GTI), lo cual se encuentra dentro del valor ( $\sigma = 0,69$ ) que indica una mínima desviación estándar, tal como lo indica (J.Martinez-Frutos, 2014) en su libro Rev. Internacional de Diseño Optimo Robusto de modelos Interpolación Kriging 2014 pág. 101, según (Goovaerts, 2007)

GHI GOES/EST.EXP.				GHI GOES/EST.EXP.			
Count	: 32	Skewness	: 0.7457	Count	: 32	Skewness	: 0.52094
Min	: 1.3048	Kurtosis	: 1.9116	Min	: 1.4004	Kurtosis	: 2.2372
Max	: 2.1063	1-st Quartile	: 1.429	Max	: 1.9164	1-st Quartile	: 1.5882
Mean	: 1.6112	Median	: 1.4484	Mean	: 1.6688	Median	: 1.5981
Std. Dev.	: 0.25854	3-rd Quartile	: 1.8221	Std. Dev.	: 0.13309	3-rd Quartile	: 1.7673
GHI GOES/EST.EXP.				DIF GOES/EST.EXP.			
Count	: 32	Skewness	: 0.72875	Count	: 32	Skewness	: 1.0674
Min	: 1.5742	Kurtosis	: 1.8768	Min	: 0.36	Kurtosis	: 2.6448
Max	: 1.9995	1-st Quartile	: 1.6379	Max	: 0.73293	1-st Quartile	: 0.56271
Mean	: 1.7371	Median	: 1.647	Mean	: 0.6269	Median	: 0.69749
Std. Dev.	: 0.1405	3-rd Quartile	: 1.8513	Std. Dev.	: 0.1264	3-rd Quartile	: 0.72238

Tabla N°3 . Desviación Estándar DNI-DIF-GHI-GTI (Fuente Propia)

## 4.3. Transformación Logarítmica Kriging.

Los resultados de la aplicación logarítmica del Kriging, son 0.07860881 y 0.01751591, que según (S.Hara-Tokunaga, 2014)  $\pm 0.5$ , es valor admisible y muestra una confiabilidad en el logaritmo muy aceptable.



## 4.4. Validación Kriging Logarítmica

El resultado obtenido de los datos GOES, indica un valor de predicción de regresión de 0.851784 cercano al 1 lo cual indica 95% confiabilidad. Con respecto al valor del Error de Normalización -0.14822159 indica una normalización buena debido a que el valor no supera el 1. (J.Martinez-Frutos, 2014)

En el Error Estandarizado se obtuvo un resultado de 0.019, el cual indica que un valor próximo a 0, que nos señala una buena estimación.

En el resultado de la Raíz del Error Medio Cuadrático (RMSE). Los valores obtenidos son de 0.7443604 son valores cercanos a (1) y el valor de la Raíz del Error Medio Cuadrático Estandarizado (RMSS) es 1.621514 mayor que (1) son válidos.

Según (Caro Benito, 2015), indica, “Si son valores inferiores a uno, la variabilidad de la predicción se ha sobreestimado, si es mayor a 1, se ha subestimado la predicción.

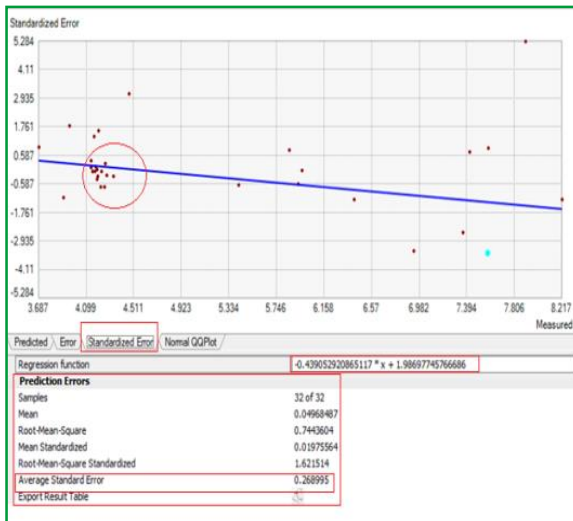


Figura 15. Cuadro del Validación en el Error de predicción y normalización Experimental (Fuente Propia)

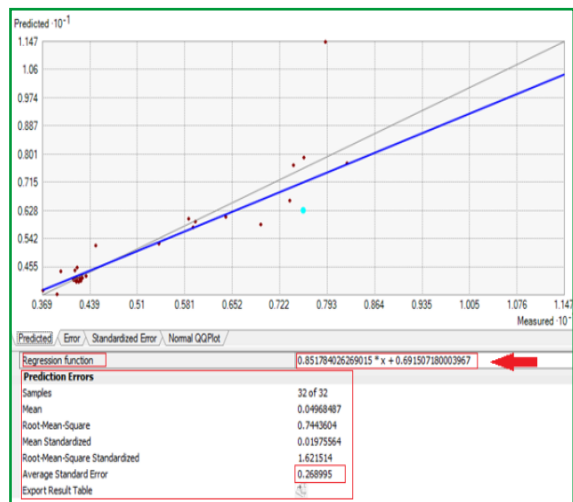


Figura 16. Cuadro del Validación en el Error de predicción y normalización - Goes (Fuente Propia)

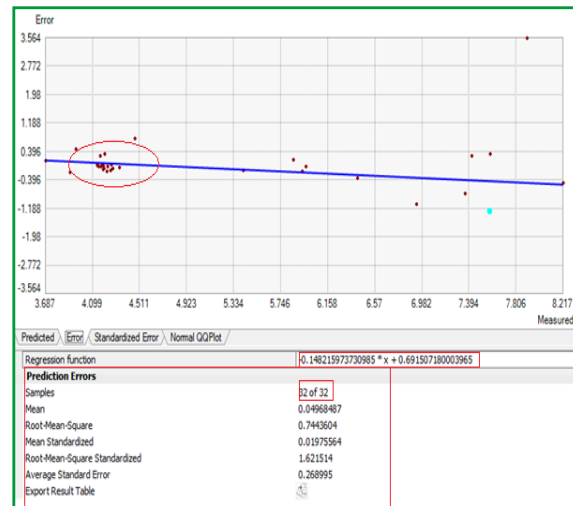


Figura 17. Cuadro del Validación en el Error Estandarizado y Error Medio Cuadrático Experimental (Fuente Propia)



Figura 18. Cuadro del Validación en el Error Estandarizado y Error Medio Cuadrático - Goes (Fuente Propia)

Los Resultados de los Modelos de Representación del Kriging Logarítmico de la interpolación de Datos Radiación Normal Directa (DNI), Radiación Global Horizontal (GHI), Radiación Difusa (DIF), Global Tilted Irradiation at Optimum Angle (GTI).

Según (Agudelo T, 2010), dice que un criterio para validar la clasificación de la dependencia espacial depende del porcentaje de error será: “si es inferior al 25 % la dependencia espacial es fuerte; entre 25-75 moderada y si es superior al 75 %, será débil. (Caro Benito, 2015)

Parámetro de validación de la clasificación de los modelos								
Variables	Est. Experimental		GOES		DELTAS		Prom. Total	%
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo		
DNI	8.46254	3.51887	8.47545	3.660559	0.01291	0.08672	0.04981	5.0
GHI	6.93418	4.01194	6.91046	4.5346	-0.02372	0.52266	0.24947	24.9
DIF	2.10826	1.36191	2.08755	1.35104	-0.02071	0.02071	0.01087	1.1
GTI	7.51699	4.70415	7.59418	4.72779	0.07719	0.02364	0.05041	5.0

Tabla 3. Datos Validación de la Clasificación de la interpolación Experimental - GOES Fuente Propia

#### 4.5. Elaboración de los Mapas de Representación de la Radiación Normal Directa (DNI), Radiación Global Horizontal (GHI), Radiación Difusa (DIF), Radiación Global Inclinada (GTI). Para el departamento de Tarija.

Cumpliendo con el objetivo final de la investigación, mediante la aplicación del Algebra de Mapas, en el software de Arcgis 10.3, se obtuvo la distribución espacio temporal de la radiación solar para el Departamento de Tarija, obtenidos de la evaluación Geoestadística, en un rango de una grilla de 1° x 1° con base fundamental de 32 estaciones base de observación solar directa (Experimental), están clasificadas en 15 rangos de valores cuya medida es kW/m<sup>2</sup>

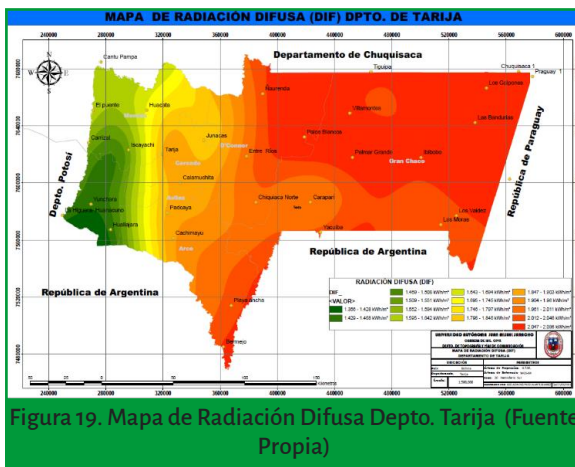


Figura 19. Mapa de Radiación Difusa Depto. Tarija (Fuente Propia)

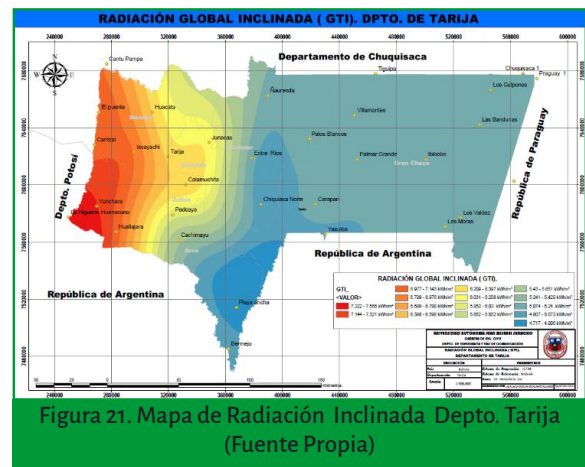


Figura 21. Mapa de Radiación Inclinada Depto. Tarija (Fuente Propia)

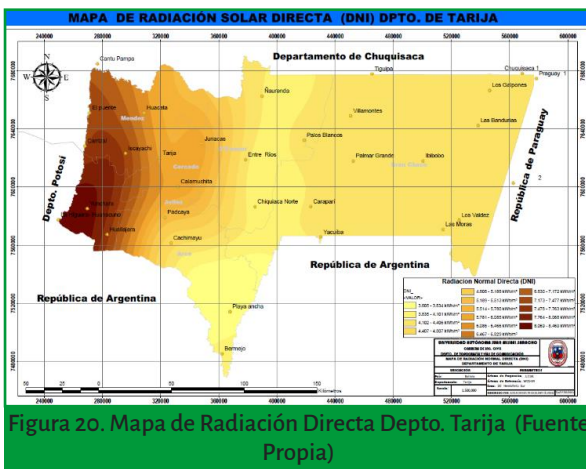


Figura 20. Mapa de Radiación Directa Depto. Tarija (Fuente Propia)

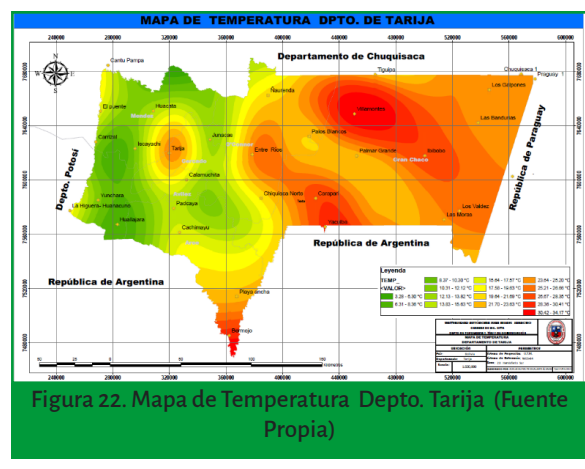


Figura 22. Mapa de Temperatura Depto. Tarija (Fuente Propia)

### 4.6. Validación y Discusión de Resultados respecto a los Modelos de Representación del Kriging Logarítmico.

Del procedimiento de validación y ajuste del modelo tanto de los variogramas, semivariogramas, correlaciones, los valores obtenidos con respecto al error BIAS, MAE, RMSE se encuentran en rangos muy aceptables, que por las tolerancias establecidas (Caro Benito, 2015)(pág.51), estas, se encuentra en un rango de representación de probabilidad altamente satisfactoria.

Cuadro de Resumen de Análisis Estadístico (Errores MAE-BIAS-RSM)											
BIAS				MAE				R MSE			
BIAS(DNI)	BIAS(GHI)	BIAS(DIF)	BIAS(GTI)	MAE(DNI)	MAE(GHI)	MAE(DIF)	MAE(GTI)	RMSE(DNI)	RMSE(GHI)	RMSE(DIF)	RMSE(GTI)
0.005	0.011	0.002	-0.001	0.008	0.015	0.007	0.012	0.012	0.030	0.010	0.018
0.0041				0.0103				0.0174			

Cuadro de resumen de validación geoestadístico KRIGING (Errores MAE-BIAS-RSM)											
BIAS				MAE				R MSE			
BIAS(DNI)	BIAS(GHI)	BIAS(DIF)	BIAS(GTI)	MAE(DNI)	MAE(GHI)	MAE(DIF)	MAE(GTI)	RMSE(DNI)	RMSE(GHI)	RMSE(DIF)	RMSE(GTI)
0.005	0.012	0.004	-0.003	0.015	0.022	0.008	0.012	0.010	0.034	0.011	0.020
0.00436				0.01444				0.01883			

Tabla 4 Datos de Validación Total Modelos de Representación solar Interpolados de datos Experimental-GOES (Fuente Propia)

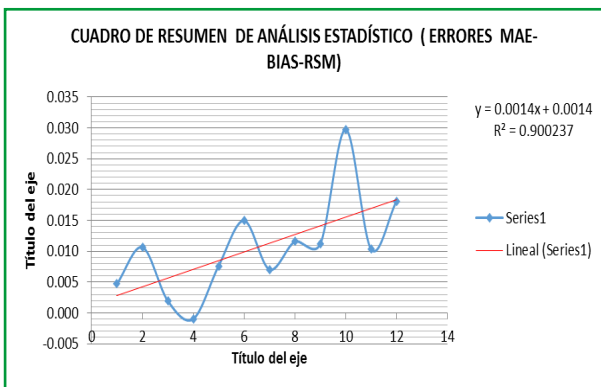


Figura 23. Cuadro Resumen de Errores MAE- BIAS-RSME (Fuente Propia)

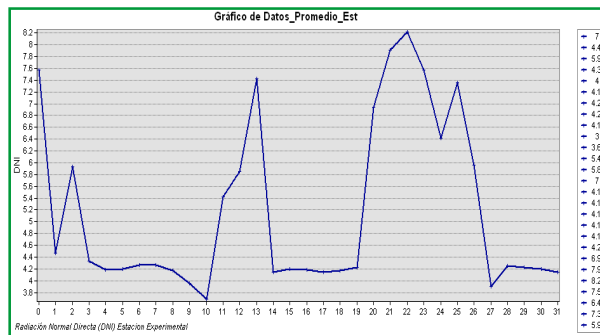


Figura 24. Perfil Datos Solares Estación Experimental (Fuente Propia)

### 4.7. Validación de los Modelos de Representación del Kriging Logarítmico de la interpolación datos GOES-Experimental mediante Perfiles de representación.

Los resultados de la validación del proceso logarítmico, está definido por la modelación de perfiles de los datos solares, esta validación presenta un patrón similar, donde se puede distinguir que los valores arriba mencionados en el cuadro 3.11 y 3.12 nos muestra la correspondencia del modelo ajustado, y validado, relacionando los valores ya estandarizados (Cross validation/prediction). (Goovaerts, 2007)

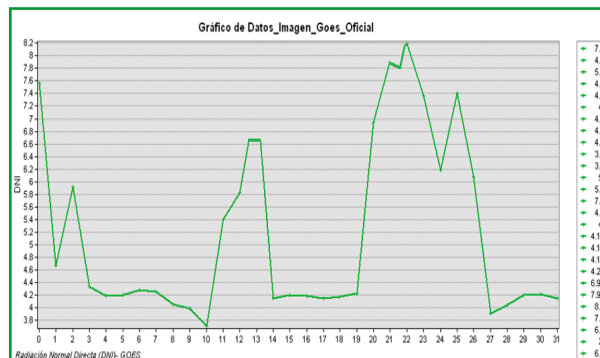


Figura 25. Perfil Datos Solares Imagen - Goes (Fuente Propia)

Las diferencias de valores son para Datos Radiación Normal Global (DNI) -0.00381 kWh/m<sup>2</sup>, Radiación Global Horizontal (GHI) -0.00054 kWh/m<sup>2</sup>, Radiación Difusa (DIF) 0.00000 kWh/m<sup>2</sup>

m2, Global Tilted Irradiation at Optimum Angle (GTI). 0.05355 kWh/m2, donde se puede advertir que las diferencias son mínimas tal como se puede advertir en la figura 25.

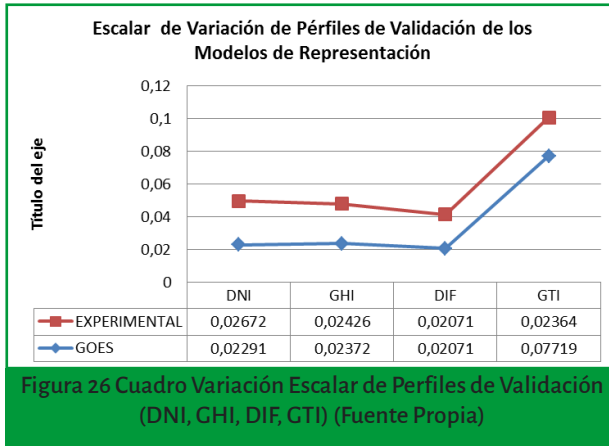


Figura 26 Cuadro Variación Escalar de Perfiles de Validación (DNI, GHI, DIF, GTI) (Fuente Propia)

## 5. Conclusiones

- ⊙ Las conclusiones determinadas se exponen de acuerdo al cumplimiento de los objetivos indicados, en función a la metodología presentada.
- ⊙ Para el análisis y procesamiento de las imágenes GOES, se realizó la corrección Geométrica alcanzada es de nivel 2B, cuyos valores del RMSE en la corrección son de 10 m. y ajuste de Polinomio (Affine) de primer Orden. En función de 10 puntos de Control Geodésico.
- ⊙ Los datos de las estaciones experimentales terrestres, fueron proporcionados por el proyecto de investigación científica de la UAJMS, que sirvieron de base como observaciones de comparación y validación geoestadística, aplicando los parámetros MAE, BIAS, RMSE. De fechas 11, 13, 15, 17, 20, 22 de noviembre 2019.
- ⊙ Con la aplicación de variables estadísticas, se comprueba la significancia de errores para BIAS 0.0041, MAE 0.0103 y RMSE de 0.0174, demostrando así que los datos extraídos de las imágenes GOES, tienen un error de 0.05 % con referencia a las observaciones de medidas in situ.
- ⊙ Con la aplicación de las variables Geoestadísticas en la aplicación del algoritmo Kriging, tanto para GOES y Experimental; se comprueba que la significancia de error establecido para el BIAS 0.00436, MAE 0.01444 y RMSE de 0.01883, demostrando que la significancia de error entre estas, son para el BIAS 0.00028, MAE 0.00413 y RMSE 0.00148, comprobando de que la información generada por GOES son subestimadas en la calidad de medición, ya que el grado de incertidumbre en su precisión está por 95% de aceptabilidad, porque así lo demuestra los modelos conseguidos en la interpolación y extrapolación geoestadística aplicada. (Goovaerts, 2007)
- ⊙ La evaluación solar realizada en el departamento de Tarija, nos permitió establecer el nivel espacio temporal de la mayor incidencia solar; concluyendo que la mayor incidencia solar es en zonas geográficas altas, pero de temperatura ambiente baja, por el concepto de humedad atmosférica, un factor predominante en la distorsión de la incidencia solar.



- ⊙ Con la aplicación de la técnica del álgebra de mapas en el ArcGis, las variables de radiación DNI, DIF, GHI y GTI evaluadas, nos permitió obtener modelos de representación, los mismos que están clasificados en 15 rangos para mayor representatividad de acuerdo al porcentaje de 1-25 % de dependencia de aceptabilidad según (Agudelo T, 2010). Cumpliendo de esta manera el objetivo final de la realización de una cartografía espacio temporal de la radiación solar para el departamento de Tarija.
- ⊙ Los valores establecidos en los modelos resultantes de la evaluación, representan la cantidad de radiación solar más optimas, representando así el espacio geográfico donde se la determine, aspecto prioritario y concerniente a la sociedad para futuros proyectos de inversión en la optimización de energía solar y la implementación de las mismas.

## 6. Referencias bibliográficas

- 🔖 Agudelo T, G. A. (2010). Dependencia Espacial: Detección, Validación Y. Medellín: Universidad EAFIT.
- 🔖 Alvarez, O. (2014). Utilización De Imágenes GOES En El Cálculo De La Radiación Solar. CEDAMAZ, 9.
- 🔖 Álvarez, Y. G. (2014). Teledetección De Aerosoles En El Noreste De Mexico. Baja California México: Instituto Tecnológico.
- 🔖 Caro Benito, A. (2015). Modelización Geoestadística Para La Predicción De Actividad Cs En Suelo. Barcelona: Unirioja.
- 🔖 Chuvieco, E. (2014). Teledetección Espacial . España: Universidad De Cataluña.
- 🔖 Cooper, P. I. (2010). The Absorption Of Radiation In Solar Stills. Barcelona España: Ariel.
- 🔖 Duffie J., B. W. (2010). Solar Engineering Of Thermal Proces. UNAM.
- 🔖 Duffie, J.A. Y Beckman W. (2010). Solar Engineering Of Thermal Proce. New York (USA).: Wiley-Interscience.
- 🔖 Escalante, A. E. (2012). GEODESIA Y FOTOGRAMETRIA PARA ING. CIVIL. TARIJA: AMERICA.
- 🔖 Goovaerts, P. (2007). Geostatistics For Natural Resources Evaluation. New York,: Oxford University Press.
- 🔖 Goswami, Y. K. (1999). Principles Of Solar Engineering. Philadelphia (USA).: Taylor & Francis.
- 🔖 IDEAM. (2005). Atlas De Radiación Solar Decolombia. Colombia: Ministerio De Ambiente Vivienda.
- 🔖 Iqbal, M. (2013). An Introduction To Solar Radiation. Toronto Canada: Academic Press.
- 🔖 J.Martinez-Frutos, P. (2014). Diseño Optimo Robusto De Modelos De Interpolación Kriging. W.D.
- 🔖 Llarráyo, A. O. (2104). Implementacion Del Método Heliosat . Pamplona España: UPNA.
- 🔖 Lucano, M. (2016). Mapa De Radiación Solar Para Cochabamba. Cochabamba Bolivia: UMSS.
- 🔖 Meteorología, A. E. (2013). Radiación Solar. España: Ministerio De Medio Ambiente Rural Y Marino.
- 🔖 Metereologia, A. E. (2013). Radiación Solar. España: Ministerio De Medio Ambiente Rural Y Marino.

- 📄 Morales, N. F. (2017). Teoría Teledetección Espacial. Perú: Geomática Ambiental SRL.
- 📄 R.Giraldo, H. (2015). Introducción A La Geoestadística Teoría Y Aplicación. Bogotá - Colombia: Facultad De Ciencias. Departamento De Estadística.
- 📄 Richards, J. A. (2005). Remote Sensing Digital Image Analysis. Canberra, Australia: The University Of New South Wales.
- 📄 Righini, R. (2004). Empleo De Imágenes Satelitales GOES 8 En El Cálculo De La Irradiación Solar Global En Distintas Zonas De Argentina. Argentina: Revista: Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente; Vol. 8.
- 📄 S.Hara-Tokunaga, T. (2014). Multi-Objective Robust Control With Transient Specifications. Tokio.
- 📄 Sandoval, L. V. (2017). Modelo Para Determinar La Irradiancia Solar En Diferentes Zonas Del Territorio Colombiano A Partir De Imágenes Aéreas O Satelitales.. Bogotá:: Udfjc.
- 📄 Schmit, T. (2012). GOES-R Fire And Moisture R Fire And Moisture. Australia: Satellite Studies.
- 📄 Urbanita. (2000). Introducción A La Técnica De La Fotografía Aérea. México: Satelite1.
- 📄 Páginas Web de Visita.
- 📄 Ficha Técnica De La Familia GOES. Disponible En: [Http://Www2.Elo.Utfsm.Cl/~Elo352/2002/Experiencias/Electivas/Experiencias%20Satelitales/Goes/Goes.Htm](http://Www2.Elo.Utfsm.Cl/~Elo352/2002/Experiencias/Electivas/Experiencias%20Satelitales/Goes/Goes.Htm)(Consultado febrero 2021).
- 📄 Geo Bolivia Infraestructura De Datos Espaciales Del Estado Plurinacional De Bolivia Ide-Epb Vicepresidencia Del Estado Purinacional, [Www.Geo.Gob.Bo](http://Www.Geo.Gob.Bo) La Paz – Bolivia. (Consultado abril 2021).
- 📄 Imágenes GOES En Grads. Grilla Regular. Disponible En: [Http://Www.Goes/GOES.8.Htm](http://Www.Goes/GOES.8.Htm) (Consultado abril 2021).
- 📄 Nasa (National Aeronautics And Space Administration) Earth Observatory 2010. Measuring Aerosol Recuperado De: [Http://Earthobservatory.Nasa.Gov/Features/Aerosols/Page5.Php](http://Earthobservatory.Nasa.Gov/Features/Aerosols/Page5.Php).

# ARTÍCULO 5



# Reordenamiento de la movilidad urbana en el Barrio “Los Mecánicos”

## Reorganization of urban mobility in the “Los Mecánicos” neighborhood

Rueda Mogro María Antonieta<sup>1</sup>, Alejo Gutiérrez Alvaro<sup>2\*</sup>, Bejarano Bautista Hector Brayan<sup>3\*</sup>, Martínez Castillo Limbert<sup>4\*</sup>,

<sup>1</sup> *Docente de la Facultad de Ciencias y Tecnología.*

<sup>\*</sup> *Investigadores Junior.*

**Correspondencia del autor(es):** [maresarquitectos@gmail.com](mailto:maresarquitectos@gmail.com)<sup>1</sup>, [alvaroalejo75@gmail.com](mailto:alvaroalejo75@gmail.com)<sup>2</sup>, [brayanbejarano92@gmail.com](mailto:brayanbejarano92@gmail.com)<sup>3</sup>, [limber9617@gmail.com](mailto:limber9617@gmail.com)<sup>4</sup>,

### Resumen:

Este artículo tiene por objeto brindar un modelo de movilidad urbana por medio del desarrollo de una propuesta en la que previamente se evaluó el planteamiento que tiene el barrio hacia el peatón, el ciclista y el transporte público; tomando en cuenta a estos tres modos de movilizarse como principales en la pirámide de Movilidad Urbana; por lo tanto, cualquier intervención sobre estas realidades en constante interacción será siempre complejo, pues dicha intervención logrará un efecto inevitable sobre el resto de los otros modos de transporte.

**Palabras clave:** Movilidad urbana, transporte público, espacios públicos, peatón, ciclista, consolidación urbana, reordenamiento.

### Abstract

This article aims to provide a model of urban mobility through the development of a proposal that previously evaluated the approach that the neighborhood has towards pedestrians, cyclists and public transport; taking into account these three modes of mobilization as the main ones in the pyramid of Urban Mobility; therefore, any intervention on these constantly interacting realities will always be complex, as such intervention will have an inevitable effect on the rest of the other modes of transport.

**Keywords:** Urban mobility, public transport, public spaces, pedestrian, cyclists, urban consolidation, reordering.



Fig. 1. Barrio “Los Mecánicos”  
Fuente: Google Earth

## 1. Introducción

La movilidad urbana es un aspecto muy recurrente en discursos de la ciudad actual y los problemas a los que se enfrenta, el impacto que presenta en la vida de los ciudadanos es cada día mayor, pues se necesita mayor tiempo para ir a algún destino, la contaminación del aire aumenta y las calles se vuelven más peligrosas. En la actualidad, los vehículos motorizados, ocupan cada vez más espacio público, perjudicando a peatones, ciclistas y personas con movilidad reducida.

Durante décadas, debido al concepto tradicional de vialidad, las políticas públicas beneficiaron, sobre todo, a la movilidad vehicular. Sin embargo, esta tendencia ahora empieza a dar un giro y el enfoque cambia hacia «mejorar la movilidad de las personas», con los siguientes preceptos:

- ⊙ Promover los modos de desplazamiento sostenibles, como los desplazamientos a pie, la bicicleta y el transporte público.
- ⊙ Disminuir los accidentes viales, con buena señalización vial.
- ⊙ Proponer otra distribución del espacio vial, mejorando la accesibilidad de los peatones y ciclistas y aumentando la calidad del espacio urbano.

Si bien, en Tarija, ya se ha empezado a actuar sobre este tema desde la gestión 2013, como por ejemplo, el ensanchamiento de aceras en el casco viejo de la ciudad, el ordenamiento de la circulación vehicular con señalización vial en puntos estratégicos y de mayor conflicto, los controles de paradas de micros que fueron habilitadas en el centro de la ciudad y la elaboración del PROMUT, junto a la creación de la Secretaría de Movilidad Urbana. Los barrios periféricos de la ciudad no están siendo considerados en dicho cambio; el barrio “Los Mecánicos”, por su parte, presenta múltiples falencias no solo de infraestructura vial que limitan y dificultan la movilidad

urbana, sino también problemas ambientales relacionados directamente con esta falta de cobertura vegetal y como consecuencia la degradación del espacio público (Fig. 2).



Fig. 2. Área destinada para recreación y ocio, ocupada por Transporte pesado para el servicio mecánico, se puede observar la degradación del espacio público y su entorno.

Fuente: Propia

Sin embargo, la falta de consolidación nos ha permitido poder plantear propuestas de intervención cambiando significativamente la imagen urbana del barrio, dando nuevos enfoques del uso del espacio público, mejorando la movilidad urbana y estableciendo un modelo para otros barrios periurbanos.

### 1.1. Objetivos

Diseñar espacios viales multimodales para mejorar la calidad del espacio público y favorecer e incentivar los modos de transporte sostenibles, priorizando los desplazamientos de peatones, ciclistas y transporte público con el fin de desarrollar un barrio más amigable para los ciudadanos que habitan el barrio.

## 2. Problemática

A partir de un Diagnostico Urbano y una Evaluación Urbana que se realizó en el barrio Los Mecánicos del Distrito 6 de la ciudad de Tarija se pudo identificar diferentes problemáticas;



como la falta de consolidación urbana que da luz a espacios públicos deteriorados, aceras no consolidadas, vías precarias y la inexistencia de ciclo-vías y/o infraestructura que permitan el desplazamiento con modos de transporte alternativos al motorizado; no existen paradas adecuadas ni establecidas para el transporte público, tampoco acceso universal para personas con movilidad re-



Fig. 3. Fotografía de Acera no Consolidada, como esta existen muchas otras más, algunos manzanos del barrio ni siquiera cuentan con acera consolidada como en la siguiente imagen.

Fuente: Propia



Fig. 4. Intersección de Vías, se puede verificar la falta de infraestructura y el exceso de espacio libre sin atención.

Fuente: Propia



Fig. 5. Se puede observar que la falta de consolidación de aceras obliga al peatón a desplazarse sobre la vía vehicular.

Fuente: Propia



Fig. 6. Inexistencia de paradas adecuadas para el transporte público, inseguridad para el usuario.

Fuente: Propia



Fig. 7. Ocupación y fragmentación del territorio, se puede observar la apropiación del espacio público por mecánicos como un espacio más para realizar sus labores.

Fuente: Propia



Fig. 8. La inexistencia de paradas para el transporte público, permite estas actitudes tanto del usuario para hacer parar el micro en cualquier sector de la vía como también del funcionario público de parar en media vía.

Fuente: Propia

ducida. Fig. 3, 4, 5, 6 y 8.

Como consecuencia de dichas falencias la movilidad urbana se ve dificultada, sobre todo el desplazamiento del peatón, lo cual afecta significativamente la calidad de vida de sus vecinos; por un lado, tenemos las afecciones directas a la salud por la contaminación acústica y del aire, así como por la siniestralidad de sus calles; y por otro lado, las afecciones indirectas a la salud por las repercusiones psicológicas debido a la ocupación y fragmentación del territorio (sobre todo por los servicios al automotor que se desarrolla en el espacio público del barrio, como : cambio de aceites, talleres, área de parqueo, etc. Fig. 7), que limitan o imposibilitan la utilización de las calles cómo algo más que canales de transporte, carga y descarga.

Por ello se plantea un proyecto de “Reordenamiento de la Movilidad urbana en el barrio Los Mecánicos”, con el propósito de mejorar el transporte público e implementar vías peatonales y ciclovías en el barrio para brindar desplazamientos seguros, prevaleciendo como prioridad el peatón y el ciclista.

### 3. Desarrollo del Proyecto

#### 3.1. Ubicación

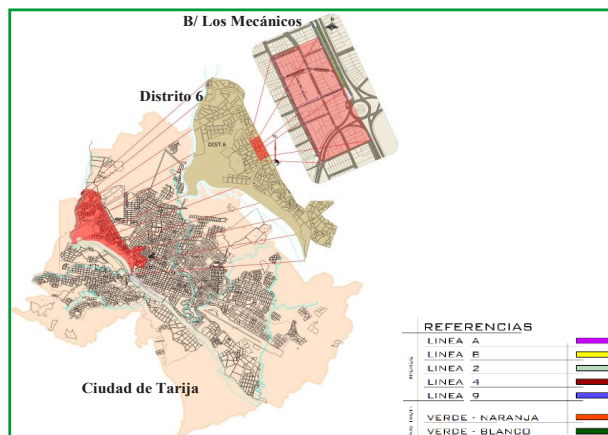


Fig. 9. Plano de ubicación del barrio “Los Mecánicos”.

Fuente: PLOT/Elaboración propia

El barrio “Los Mecánicos” se encuentra ubicado al Noroeste de la Ciudad de Tarija en el Distrito 6; limita al Norte con el B/Unión, al Este con la Av. Panamericana, al Oeste con el B/Panamericano y al Sur con el B/Virgen de Chaguaya.

Cuenta con una superficie de 102157.62 m<sup>2</sup> y una población total de 131 habitantes según el INE 2012.

#### 3.2. Metodología

La investigación se desarrolló en base a un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) orientada en analizar las fortalezas y debilidades en el barrio para realizar el plan de reordenamiento de la movilidad urbana.

Se inició con un análisis de las rutas existentes del Transporte Publico, mediante la cual se pudo identificar paradas concurrentes adoptadas por los vecinos del barrio, sin embargo, el abordaje al bus de las distintas líneas que circulan sobre la Av. Panamericana se dificulta debido al elevado flujo vehicular y la falta de infraestructura de una parada exclusiva del transporte público.

Por otra parte, las paradas improvisadas por los usuarios sobre la Av. Canadá y Panamericana en el barrio Los Mecánicos fueron un importante punto de partida para realizar aforos de los desplazamientos tanto de peatones, ciclistas y de los vehículos motorizados.

Los resultados obtenidos nos arrojaron parámetros acerca de la cultura de la movilidad urbana en el barrio, y puntos estratégicos para la implementación de vías peatonales, ciclovías y el reordenamiento de las rutas de buses que circula sobre la Av. Panamericana, así también la consolidación de paradas exclusivas para el transporte público.

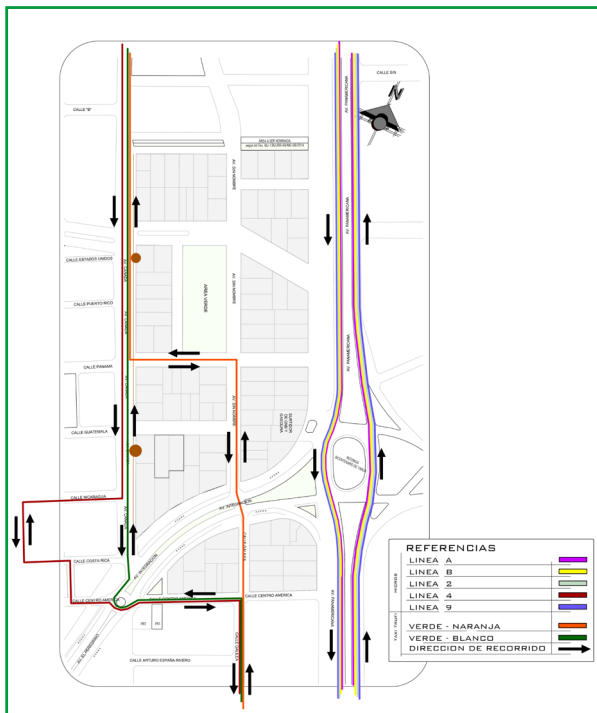


Fig. 10. Plano de rutas existentes del Transporte Público.

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se puede identificar dos de los más importantes puntos estratégicos de concurrencia.

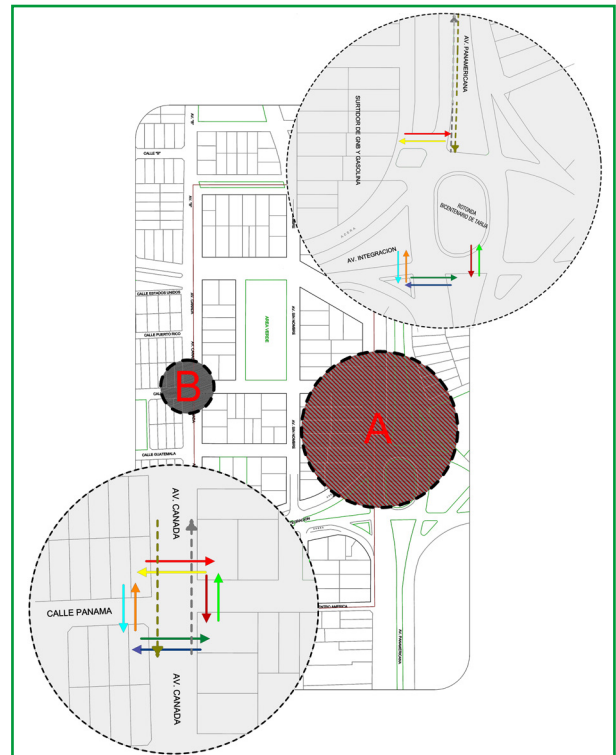


Fig. 11. Ubicación en donde se llevó a cabo los Aforos.

Fuente: Elaboración propia

Sobre la Av. Panamericana, se verifica el elevado flujo del vehículo motorizado con respecto al Peatón y a la Bicicleta, se trasladan las rutas del transporte público a la vía interna del barrio y se propone una parada exclusiva para el mismo. Fig. 12.

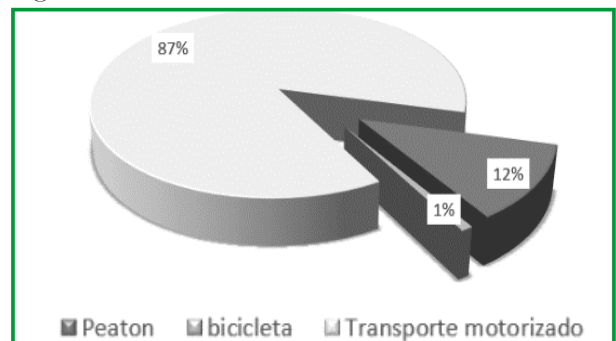
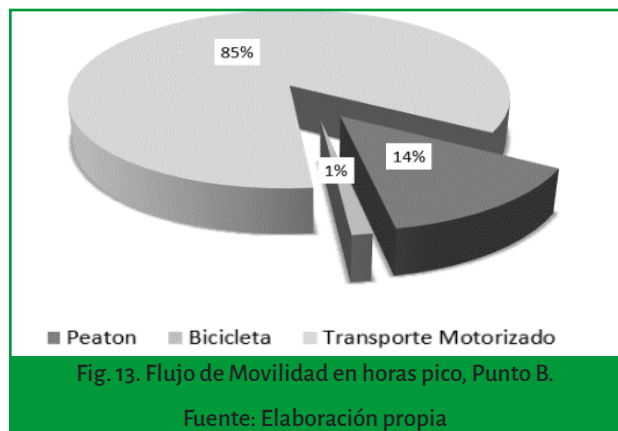


Fig. 12. Flujo de Movilidad en horas pico, Punto A.

Fuente: Elaboración propia



Se obtiene mayor flujo de pasajeros de transporte público, con estos dos resultados acerca de los puntos analizados se concluye que se debe mejorar la infraestructura para incentivar al desplazamiento a pie y en bicicleta. Fig. 13.

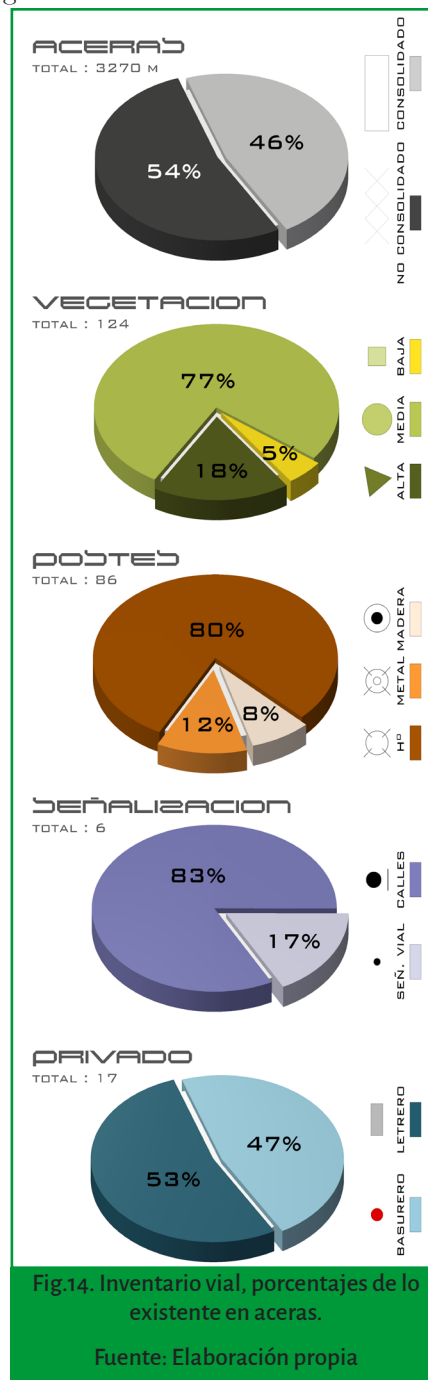


Para una mejor comprensión del estado actual del espacio público, se realizó un inventario vial; del cual podemos verificar que, de los 3270 m lineales de aceras en el barrio, el 46% están consolidadas, presentando en su mayoría, un acabado de mortero y empedrado.

En cuanto a la vegetación en el barrio predomina la de altura media con un porcentaje del 77% que está conformada por árboles frutales, como nísperos, naranjos y limoneros y la vegetación alta por el árbol paraíso; por otra parte, conforman la vegetación baja todas las plantas nativas del lugar debido a la falta de consolidación de aceras; en el grafico se puede distinguir las cantidades de cada grupo de vegetación expresado en porcentajes, con un total de 124 distribuidos por todo el barrio.

Se pudo identificar la existencia de varios postes para distintos servicios, como el alumbrado público, el cable trifásico, y monofásico; de los cuales el 60% de los 86 postes son destinados para el servicio de alumbrado público, sin embargo, en el grafico se ha clasificado en porcentajes la totalidad de los postes de acuerdo al material del mismo.

Por otra parte, el barrio carece de señalización vial, tanto horizontal como vertical, y en su interior solo cuenta con una señalización de “PARE” y 5 postes de nombres de calle, ubicados sobre la Av. Canadá. Existe poco mobiliario urbano privado, como ser los basureros y letreros de comercio. Fig.14.



## 4. Propuesta

A partir de los datos recabados del sitio presentados con anterioridad, se pudo establecer los lineamientos del diseño. Fig. 15.

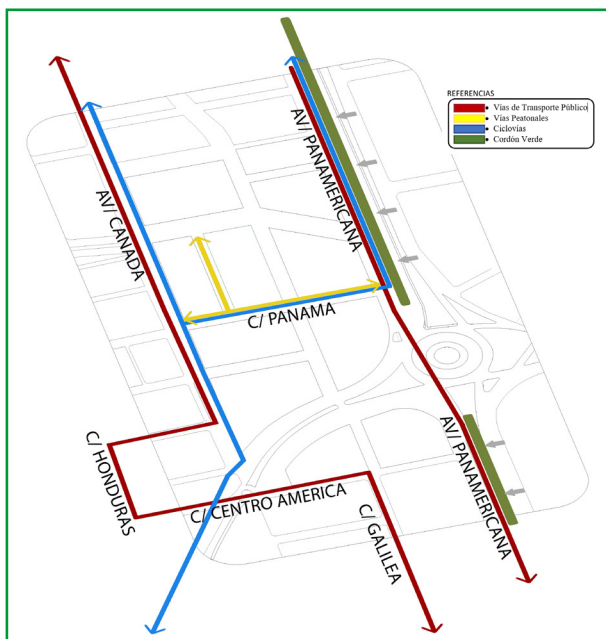


Fig. 15. Configuración de la estructura vial propuesta.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar la configuración de la estructura vial propuesta conformada por tres ejes fundamentales que se relacionan e interactúan de forma dinámica y equilibrada; por otra parte, se propone un cordón ecológico (verde) para mejorar la calidad del espacio público y separar de forma indirecta un carril de la vía regional (Av. Panamericana), generando un límite natural que protege al barrio de la circulación de vehículos con alta velocidad.

Las vías fueron rediseñadas de acorde a las necesidades de movilidad urbana, con criterios de espacios que incorporan las necesidades de desplazamiento del peatón y ciclistas. Fig.17.

Según Fontan (2012), la “caminabilidad” de una comunidad puede ser definida como la medida en que las características del entorno construido y el uso de suelo pueden o no ser propicias para

movimientos de a pie para los residentes de una determinada zona, ya sea para desarrollar actividades de ocio, ejercicios o la recreación, o para acceder a los servicios, viajar o trabajar”

Entonces, bajo este concepto, con la propuesta se pretende incentivar e invitar a los habitantes del barrio a desarrollar el hábito de caminar. De esta manera insistir en crear barrios más saludables con una agradable imagen urbana.

La incorporación de ciclovías permite a los vecinos del barrio tener una alternativa de transporte que les permite poder desplazarse de un lugar a otro de forma más asequible y segura; por otra parte, puede llegar a ser un importante articulador de ciclovías con otros barrios vecinos.

“No se trata de crear un carril reservado para que la gente se pasee los domingos en un horario determinado, hay que crear una red de vías alternas y seguras que permita al ciclista trasladarse de un lado al otro de la ciudad”.

Javier Hinojosa (presidente Pro Bici)



Fig. 16. Planimetría General, ubicación de Perfiles Viales. Fuente: Elaboración propia





Fig. 17. Comparación de Perfil de vía actual y propuesta en Av. Panamericana

Fuente: Elaboración propia

En la propuesta se ha tomado en cuenta la seguridad del peatón y los ciclistas en las intersecciones de vías, como puede observarse en las lupas de detalle.

Se hace empleo de bolardos para la protección de ciclistas y la implementación de semáforos para los peatones.

En una primera capa podemos ver las condicio-

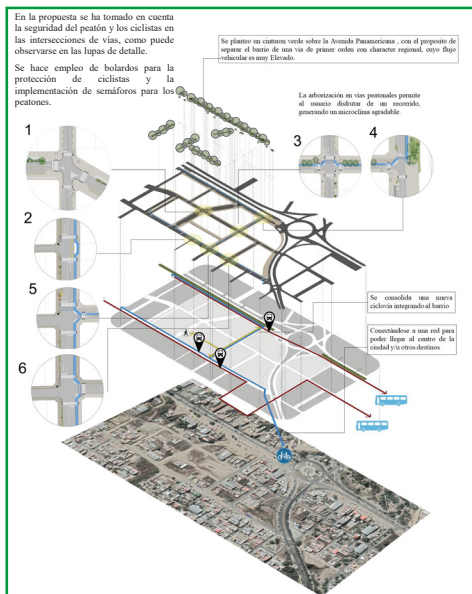


Fig. 18. Detalle de propuesta de intervención por capas.

Fuente: Elaboración propia

nes actuales del barrio, la segunda capa indica las paradas propuestas y el sistema de movilidad urbana, la tercera capa muestra la consolidación de infraestructura vial y los detalles de propuesta en las intersecciones más conflictivas dentro del barrio; la última capa indica la cobertura de área verde propuesta en el barrio. Fig. 18.

En la propuesta se ha trabajado en la solución de problemas de circulación en intersecciones de vías que actualmente presentan conflictos, así como también en aquellas que en un futuro pudiesen también hacerlo; dichas soluciones fueron concretadas con la implementación de señalización vial horizontal (paso de cebra, flechas direccionales de circulación, líneas divisorias de carril, etc.), señalización vertical, semáforos, y la adecuación de aceras para acceso universal.

En cuanto al transporte público, las líneas de bus que circulaban por el carril central de la Av. Panamericana son integrados al barrio por el carril colindante, estableciendo en el un carril exclusivo para la circulación de los buses. Así también la consolidación de 1 parada en la Av. Panamericana, y otras 2 paradas sobre la Av. Canadá. Fig. 18

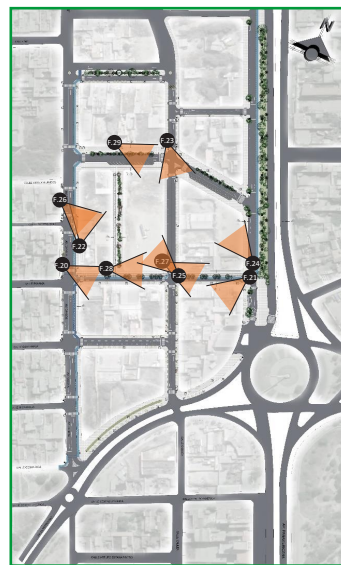


Fig. 19. Planimetría General. Plano de Propuesta del Barrio “Los Mecánicos” con ubicaciones de los fotomontajes.

Fuente: Elaboración propia



Fig. 20. Fotomontaje

Fuente: Elaboración propia

Se incorpora pasos de cebra para el peatón, así como también bolardos de protección para las ciclovías, rampas de acceso y semáforos vehiculares y peatonales.



Fig. 21. Fotomontaje

Fuente: Elaboración propia

Se amplía las aceras para un paseo peatonal más agradable y espaciosa, con la protección de bolardos para los ciclistas, rampas de acceso en aceras, semáforos e iluminación.



Fig. 22. Fotomontaje

Fuente: Elaboración propia

Se implementa una para de micros, bolardos para la protección de la ciclovía, rampas de acceso en aceras, pasos de cebra para el peatón, señalización vertical e iluminación.



Fig. 23. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia

Se implementa señalización horizontal y vertical en la intersección de las calles para la protección del peatón, como también las rampas de acera.





Fig. 24. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia

Se implementa una ciclovia, una jardinera como barrera de protección para el ciclista, pasos peatonales, iluminación en las sendas de trote, reductores de velocidad para los vehículos, carril exclusivo para el transporte público, parqueo para automóviles y ampliación de aceras.



Fig. 25. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia

Implementación de ciclovia, ampliación de acera para peatonalizar todo el tramo de la calle, pasos de cebra, semaforización e iluminación.



Fig. 26. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia

Parada de micro exclusivos en puntos estratégicos protegidos con bolardos y señalética horizontal, ciclovia protegida con bolardos, pasos peatonales.



Fig. 27. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia



Fig. 28. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia

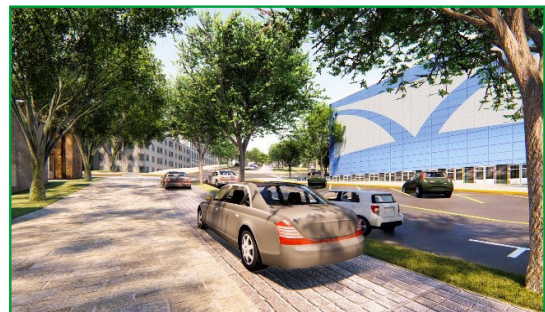


Fig. 29. Fotomontaje Fuente: Elaboración propia



Fig. 30. Fotomontaje

Fuente: Elaboración propia

## 5. Conclusiones

La ciudad es un espacio donde se localizan, realizan y se relacionan sistémicamente, (y muchas de manera competitiva) una multiplicidad de actividades productivas de recreación, de estudios, de convivencia familiar y amical, todas las cuales requieren de manera imprescindible de una movilidad que se relacione según medios y modos que, deseablemente se desarrollen y funcionen de acuerdo a un óptimo social

Es por esto que se debe de entender a la movilidad urbana, como un sistema dinámico y complejo en constante interacción con el entorno, capaz de condicionar, mejorar o empeorar la calidad de vida.

Por lo tanto, no es posible intervenir o pensar en la solución de solo un modo de transporte sin tomar en cuenta el resto, pues los servicios de transporte público operan de manera sistémica, así como lo hace todo aquello que se mueve en la ciudad, toda intervención que se haga respecto a uno de los modos que la gente usa para movilizarse, afecta inevitablemente al resto. Por esto es que el proyecto no solo podía enfocarse en el transporte público, sino también tomar en cuenta los desplazamientos del peatón e integrando a los ciclistas.

En conclusión, nos atrevemos a afirmar que el transporte público no se jerarquiza sobre los demás modos de transporte sostenible, sino que se relaciona y se complementa con ellos.

## 6. Agradecimientos

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna manera, son parte de su culminación.

Nuestros sinceros agradecimientos a nuestro docente guía de Taller de Arquitectura V, grupo 2 de la carrera de Arquitectura y Urbanismo, Arq. Ma. Antonieta Rueda Mogro, por el trabajo constante que realizó para poder orientarnos en el desarrollo de nuestro proyecto. Al presidente del barrio “Los Mecánicos” Sr. Neftalí Díaz por su colaboración y la disposición de su tiempo en brindarnos información relevante de las necesidades del barrio. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental como económico. Gracias a nuestros compañeros por el apoyo moral.

## 7. Bibliografía

- ❑ Dirección General de Ordenamiento Urbano (DGOU). Guía Técnica para el Ordenamiento de Áreas Urbanas. 2014.
- ❑ Jan Basant S. Manual de Criterios de Diseño Urbano. 2da Edición (septiembre, 1984).
- ❑ Dieter Prinz. Planificación y Configuración Urbana. (México, 1986).
- ❑ Ing. Alexa Wiskott. Manual de Diseño de Calles para las Ciudades Bolivianas. (septiembre, 2015).
- ❑ ABC, Ministerio de Carreteras. Manual de Dispositivos de Control de Tránsito.

# ARTÍCULO 6



# Calibración y Validación de un modelo Hidrológico mediante el WEAP método humedad del suelo, para la cuenca alta del Río Guadalquivir.

## Calibration and validation of a hydrological model using the soil moisture WEAP method for the upper basin of the Guadalquivir River

Lozano Velásquez Moisés Agustín<sup>1\*</sup>, Valeriano León Khalil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, docente universitario carrera de Ingeniería Civil UAJMS.

<sup>2</sup>Trabajo de investigación realizado para obtener el título de Maestría en Recursos hídricos.

\* Correspondencia del autor(es): moicoml55@gmail.com

### Resumen:

Es importante el proceso de calibración y validación de un modelo hidrológico para la generación de escenarios alternos a corto mediano y largo plazo; y su posterior planificación en los recursos hídricos de una cuenca.

El objeto del presente estudio es generar un modelo hidrológico que debe la oferta y demanda de agua en la cuenca alta del río Guadalquivir, mediante la caracterización de datos climáticos, uso de suelos, demanda de agua, obras hidráulicas y sanitarias (embalse, planta de tratamiento).

Para obtener un modelo hidrológico en WEAP (plataforma del sistema para evaluación y planeación del agua) es necesario el proceso de calibración que consiste en comparar los caudales aforados o medidos con los caudales simulados e ir ajustando los parámetros del método humedad del suelo. Para determinar el grado de relación del modelo con el sistema físico real se utiliza las métricas de BIAS y NASH.

Los métodos empleados en la investigación son el deductivo, inductivo y analítico.

Los resultados de mayor relevancia obtenidos señalan que los aforos de los caudales mensuales en las estaciones hidrométricas requieren de un mayor tratamiento y análisis, siendo necesario un ajuste de los aforos, a pesar de ello en la cuenca se tiene la estación hidrométrica de obras que tiene

información fiable y con periodos largos que permiten la validación. Según la métrica de Nash (Nash y Sutcliffe, 1970) se logra un valor de 0.64 que indica que es un ajuste muy bueno y BIAS (Moriassi, et al., 2007) alcanza un 2% que sobrestima los caudales aforados. Los valores de las métricas de calibración y validación señalan que el modelo matemático simula el sistema físico real de la cuenca alta del río Guadalquivir.

### Abstract

The process of calibration and validation of a hydrological model is important for the generation of alternative scenarios in the short, medium and long term; and its subsequent planning in the water resources of a basin.

The purpose of this study is to generate a hydrological model that accounts for the supply and demand of water in the upper basin of the Guadalquivir river, through the characterization of climatic data, land use, water demand, hydraulic and sanitary works (reservoir, treatment).

To obtain a hydrological model in WEAP (system platform for water evaluation and planning), the calibration process is necessary, which consists of comparing the measured or gauged flows with the simulated flows and adjusting the parameters of the soil

moisture method. To determine the degree of relationship of the model with the real physical system, the BIAS and NASH metrics are used.

The methods used in the investigation are deductive, inductive and analytical.

The most relevant results obtained indicate that the gauging of the monthly flows in the hydro-metric stations require greater treatment and analysis, requiring an adjustment of the gauging, despite this in the basin there is the hydrometric station of obrasjes that has reliable information and with long periods that allow validation. According to the Nash metric (Nash and Sutcliffe, 1970), a value of 0.64 is achieved, which indicates that it is a very good fit and BIAS (Moriassi, et al., 2007) reaches 2%, which overestimates the measured flows. The values of the calibration and validation metrics indicate that the mathematical model simulates the real physical system of the upper Guadalquivir river basin.

**Palabras clave:**

Calibración, modelo, cuenca, métrica, calibración, WEAP.

**Keywords:** Calibration, model, basin, metric, calibration, WEAP.

**1. Introducción:**

La calidad de la calibración, por ende, la capacidad de predicción de un modelo depende enormemente en la calidad de los datos utilizados. ¿Cuánto de información es suficiente? Dependerá de la complejidad del modelo. ¿Cuántos años son suficientes para calibrar un modelo? Generalmente se buscará que los ciclos, periodos multianuales o etapas de la cuenca (ciclos naturales o con intervención humana) sean observables en los datos de calibración (Wagener, Wheeler, & Gupta, 2004).

Para la oferta de agua se debe realizar un análisis temporal en el periodo que se pretende calibrar y validar el modelo, procurando que las variables de uso de suelo como cobertura y textura correspondan o se aproximen a dicho periodo. En el

caso de la información climática debe ser analizada y verificada realizando pruebas de consistencia y homogeneidad. Para utilizar la información de la grilla climatológica en el modelo WEAP, se tiene que verificar que los datos de la grilla GMET sean próximos a los registrados en las estaciones, de tal manera, que la diferencia entre los registros pluviométricos y la información de la grilla meteorológica del BHSB sea mínima. En la herramienta de modelación WEAP la información climática y uso de suelo se comporta como variables de una función, en el caso de ser necesarios se puede ajustar la información climática mediante una ecuación de regresión, que relacione los datos de campo con la grilla.

El modelo hidrológico debe ser contextualizado en el periodo de calibración, es decir las variables climáticas, uso de suelo, demanda y obras hidráulicas corresponde al periodo de tiempo en el periodo de análisis, en caso contrario realizar una estimación según censos estudios y datos disponibles.

Para la caracterización del modelo SMM (soil moisture method), requiere información sobre capacidad de suelo en términos de infiltración y retención en los diferentes estratos representados por los contenedores de almacenamiento; estos parámetros han sido ajustados en base a indicadores (métricas) que verifique la representatividad de los valores asignados por medio de la comparación entre observaciones de campo y valores simulados.

Se calibra los parámetros de uso de suelo del método humedad del suelo, y procura iterar los parámetros hasta que los caudales simulados se aproximen a los caudales aforados; para verificar si la calibración es adecuada, se emplea el coeficiente de determinación y confiabilidad de predicción hidrológica Nash-Sutcliffe y BIAS.

Luego de la conceptualización de la oferta y demanda en el modelo WEAP (método humedad de suelo) en la cuenca alta del Río Guadalquivir. se procede a calibrar el modelo, mediante un proceso de tanteo se obtiene los valores de los parámetros de uso de suelo que minimicen la di-



ferencia entre los datos observados y simulados.

En la práctica la validación verifica si el modelo calibrado tiene un desempeño adecuado en referencia a la predicción de caudales. (Wagener, Wheeler, & Gupta, 2004)

El proceso de calibración debe ir acompañado de la validación del modelo hidrológico, para conocer el comportamiento del modelo en un periodo distinto al de calibración. Dicha validación corrobora si el modelo se está desempeñando de forma adecuada y simula la respuesta hídrica natural de la cuenca en el transcurso del tiempo. El proceso de validación es similar al de calibración cambiando los periodos de análisis, siendo uno anterior la calibración y posterior el de validación siempre que se cuente con un registro suficientemente extenso, para constatar la validación del modelo matemático se emplea las métricas de NASH y Bias.

La modelación hidrológica de cuencas hidrográficas se plantea como una herramienta para apoyar la toma de decisiones entorno a la gestión del agua. La modelación hidrológica suministra varias ventajas para la gestión del agua. (i) mejora el conocimiento del proceso a evaluar; (ii) sistematiza e incrementa la información ambiental de la cuenca; (iii) simula predicciones a corto, mediano y largo plazo; (iv) evalúa escenarios como alternativas de gestión; (v) estima la incertidumbre y el riesgo de la toma de decisiones. (Ruiz-Pérez, et al., 2016).

Al contar con un modelo bien calibrado que simule la respuesta hídrica, oferta y demanda de la cuenca, generan una serie de beneficios, permite emitir juicios en la toma de decisiones en la planificación, distribución de agua, uso sostenible del agua en la cuenca.

Entendiendo el uso sostenible del agua como aquel que mantiene la multifuncionalidad del recurso hídrico (Martínez y Esteve, 2004).

## 2. Materiales y Métodos

La investigación sigue el enfoque cuantitativo, porque se orienta en el análisis de datos y resultados, en el proceso se generaliza los resultados para explicar los fenómenos que suscitan en las variables climáticas y uso de suelos, demanda, respuesta hídrica en la cuenca alta del río Guadalquivir, empleando el modelo hidrológico WEAP.

Los métodos teóricos de investigación utilizados son análisis documental, deductivo, inductivo, analítico y modelación. Los métodos empíricos empleados son la observación y medición.

La muestra requerida es la información disponible para la oferta y demanda hídrica, en el caso de la oferta se precisa información de clima y uso de suelos para la conceptualización en el modelo WEAP. Las variables climáticas se obtienen de la grilla meteorológica GMET y para el uso de suelos el informe del ZONISIG, en el caso de la demanda se considera los requerimientos agrícolas de cada unidad hidrográfica según el censo agropecuario, el agua para consumo humano de los centros poblados de la cuenca, derivaciones, fuentes de agua, reservorios.

Para alcanzar las metas propuestas se desarrollan los siguientes pasos:

- ① Desarrollo del esquema y características básicas del modelo.
- ② Análisis documental, se busca información climática, uso de suelo, demanda de la zona alta de la cuenca del Río Guadalquivir, se recurre a diversas fuentes como: el SENAMHI, inventarios de fuentes hídricas e infraestructura de riego, proyectos en la zona de estudio, uso de suelos, datos climáticos, oferta y demanda hídrica de la cuenca.

- Se analiza la información recabada, a su vez se verifica si es consistente y fiable para trabajar.
- Una vez seleccionada la información se procede a ingresar los datos y conceptualizar el modelo teórico en WEAP, para el modelo base.
- Se calibra y valida el modelo hidrológico, comparando los caudales simulados con los caudales aforados.

### 3. Resultados.

A continuación, se expone parte de los resultados obtenidos en la investigación, disgregando en los siguientes apartados.

#### 3.1. Análisis y conceptualización de datos climáticos en el modelo WEAP.

El modelo hidrológico WEAP requiere de la caracterización de información climática como la precipitación, temperatura, humedad, viento, fracción de nubosidad y latitud. Los datos de mayor relevancia para cuantificar la oferta de agua en una cuenca son precipitación y temperatura. Debido a la proximidad numérica, consistencia con los datos tierra, distribución y densidad de estaciones en la zona de estudio se adopta la información climática de la grilla meteorológica del BHSB para el modelado en WEAP.

Procedimiento	Información requerida
Se hace clip derecho en la pantalla principal, y aparece tres opciones, entre ellas el modo delimitación de cuencas.	Grilla GMET de precipitación y temperatura.
Se ingresa a la opción cargar datos climáticos (clip en cargar datos climáticos)	
En el comando explorar se busca el archivo en formato net.cdf, en este caso se busca el archivo GMET.	

Tabla 1. Procedimiento para la conceptualización de precipitación y temperatura en WEAP.

#### CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO MEDIANTE EL WEAP MÉTODO HUMEDAD DEL SUELO, PARA LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUADALQUIVIR

Debido a la escasa información de las variables humedad relativa, velocidad de viento y horas sol, se recurre a la información del ministerio que cuenta con grillas multianuales y mensuales de dichas variables que abarcan el territorio nacional.

Procedimiento	Información requerida
Con el QGIS se abre el archivo raster que contiene la información mensual de humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad del periodo 1980 a 2016, se carga la información mensual numerada del 1 al 12 cada número representa información de cada mes (capa_añadir_capa raster).	Grillas de humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad formato net.cdf. Delimitación de la cuenca en formato vector (WGS 84)
Se abre el archivo vector (WGS 84), que contenga la delimitación de cuenca, para tal efecto se exporta el shape de la delimitación de cuencas del WEAP, con el propósito que la información extraída coincida con el área de la cuenca (capa añadir_capa vector).	
Se exporta la información contenida en el raster, a las unidades hidrográficas. En el QGIS se dirige a caja de herramientas y procesos_Análisis ráster_Estadística Estadística de zona se carga la información de la capa ráster de cada mes. En "capa vectorial que contiene zonas" se selecciona la cuenca de análisis, y finalmente estadísticas a calcular. Se extrae la información requerida la "media de las variables climáticas".	
Los valores medios mensuales de humedad relativa, velocidad de viento y fracción de nubosidad, se exporta al Shape de la cuenca, contenido en datos tabulados y ordenados.	
Con el ARCGIS se abre el archivo Shape con la información mensual adherida del QGIS, y se exporta la información tabulada en Excel formato csv. Para luego cargar dicha información.	

Tabla 2. Procedimiento para cargar los datos de humedad relativa, velocidad de viento, fracción de nubosidad en WEAP.

### 3.2. Análisis y conceptualización de datos de uso de suelos WEAP

Es importante mencionar que para la combinación cobertura vegetal y textura de suelo, presenta premisas relacionadas al método del número de curva (NC soil conservation service). El grupo hidrológico del suelo A, B, C y D se relaciona a la textura del suelo, que en ambos casos el parámetro señala la capacidad de infiltración. El uso de suelo de la tierra y cobertura del NC, se relaciona a la cobertura vegetal del WEAP.

Para conceptualizar la información al WEAP es necesario definir las leyendas de la combinación cobertura vegetal y textura del suelo, tomando como referencia las leyendas del balance hídrico nacional; para tal proceso se escribe primero el nombre de la cobertura y luego de la textura del terreno. Por ejemplo, si la cobertura vegetal es bosque y la textura del suelo es arcilla (CLAY=Y) primero se escribe el uso de suelo y luego la textura arcilla, queda la leyenda como Bosque\_Y.

Para caracterizar el uso de suelos se adopta la combinación empleada en el BHSB que es la combinación cobertura vegetal y textura; porque se cuenta con información como: tablas, rango de valores para los parámetros de suelo, guías y manuales. Los parámetros calibrados en el BHSB son útiles sirven de referencia y comparación en el proceso de calibración.

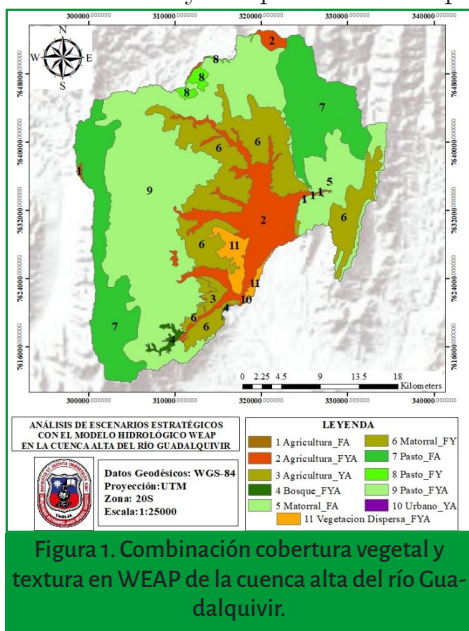


Figura 1. Combinación cobertura vegetal y textura en WEAP de la cuenca alta del río Guadalupe.

La figura 1, muestra un mapa de uso de suelos que detalla la leyenda de la combinación cobertura y textura para la cuenca alta del río Guadalupe.

La conceptualización de la combinación cobertura y textura en el modelo WEAP se detalla a continuación:

- ⊙ Proyección de PSAD56 ZONISIG a WGS84 [WEAP].
- ⊙ Cobertura vegetal se agrupa leyendas similares de manera que coincidan con la descripción BHSB.

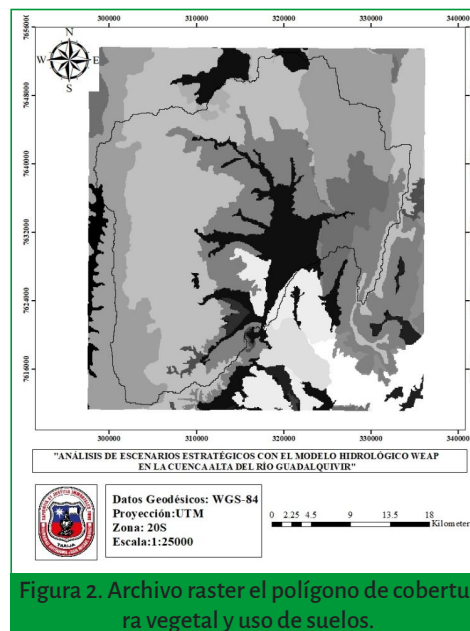
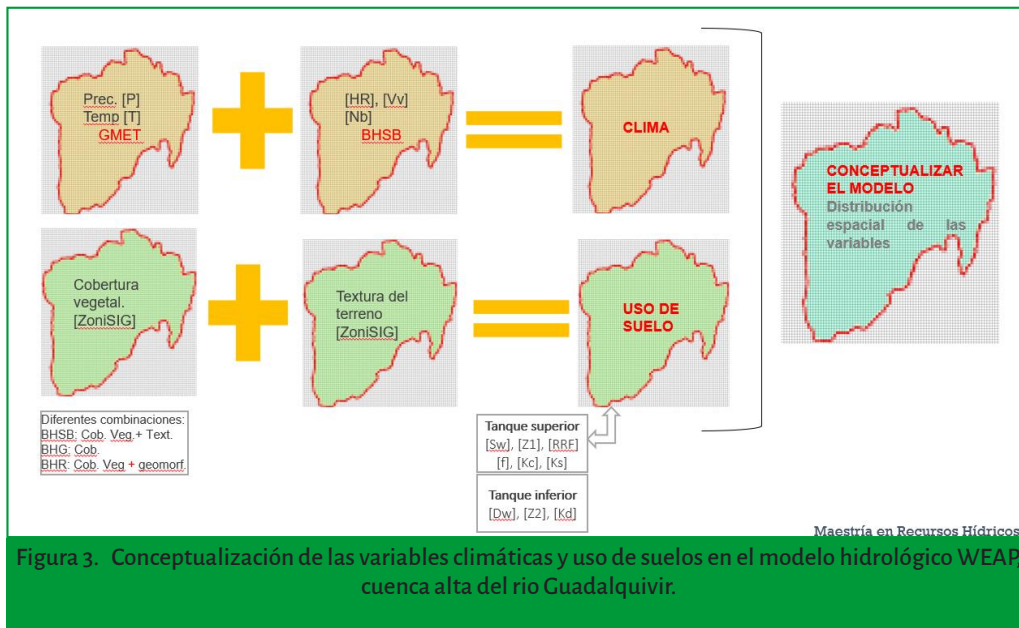


Figura 2. Archivo raster del polígono de cobertura vegetal y uso de suelos.

- ⊙ Se reclasifica la textura acorde a la capa superior y suelo predominante y se asigna la leyenda correspondiente (acrónimo).
- ⊙ Combinación cobertura vegetal y textura del terreno, mediante el geoprocésamiento de shapefile o bien mediante álgebra de mapas raster.
- ⊙ Conversión de archivo shape a netCDF (formulario de datos comunes en red), en QGIS resolución 3s (0.00083333333).

- Se enlaza el archivo netCDF con el WEAP, area.ini (siendo cuidadoso en los detalles).
- Caracteriza el netCDF, en el modelo en la opción Cobertura del suelo.



Cobertura vegetal generado		
Leyenda	Área en Argis (has)	Áreas eb WEAP (has)
Agricultura FA	175.1	176
Agricultura FYA	10046.7	10079
Agricultura YA	606.8	611
Bosque FYA	490.8	498
Matorral FA	5160.7	5204
Matorral FY	17840.3	17936
Pasto FA	19233.9	16977
Pasto FY	736.9	719
Pasto FYA	35890.4	36099
Urbano YA	9.8	14
Vegetación dispersa FYA	1818.6	1856

Tabla 3. Áreas de uso de suelo caracterizadas en WEAP.

### 3.3. Caracterización de la demanda histórica de agua, agrícola y poblacional.

Para el ingreso de la demanda agrícola al modelo WEAP, provee dos metodologías: mediante el ingreso de la demanda anual y la variación mensual o bien mediante la creación de unidades hidrográficas que emplea el método del coeficiente simplificada (Abro). (MMAyA, BHSB, 2016)

La cuantificación de la demanda de agua en cultivos a secano se realiza mediante el cálculo de la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración (ETc, Penman Monteith). La ETc difie-

re conceptualmente, pero no en magnitud, de la necesidad de agua del cultivo, entendida como la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo por riego o precipitación. El cálculo de la ETc sigue varios enfoques. (MMAyA, BHSB, 2016)

A partir de información de alta resolución espacial que permita identificar, digitalizar y cuantificar la superficie de las áreas de las parcelas (Soria, 2016), la situación deseable ocurre cuando es posible el relevamiento de las características de los cultivos en cada unidad, la identificación del tipo de uso (intensivo, extensivo, cultivos anuales y otros) para su asociación con parámetros de Kc y su variabilidad estacional.

**Demanda para riego.** A nivel de todas las HRUs definidas para representar la cuenca, se ha identificado áreas de cultivo en lo que se refiere a una diversidad de tipos de cultivos. Si bien el alcance de la investigación no llega a especificar un relevamiento de campo para hacer una identificación de cada tipo de cultivo en cada comunidad dentro de la cuenca, se realiza una simplificación de las demandas de riego acumulando las áreas de cultivo y empleando información del censo agrario 2013. Para afinar el estudio se debe realizar encuestas comunales, aforos de riego, inventariado de reportes, informes y documentos que caracterizan la producción agrícola en la cuenca.

Por esta razón, se ha realizado una recopilación de información para describir la producción agrícola en la zona. La demanda es representada a través de la estimación de evapotranspiración de los cultivos y las condiciones en las cuales esta es satisfecha considerando los sistemas de irrigación presentes, los mismos no son disgregados a detalle, sino agregados a nivel de HRUs, para poder ser validado una vez que se realice encuestas comunales.

Para la estimación de la demanda de agua potable en la cuenca alta del Río Guadalquivir, se considera como sitio de demanda el agua que es destinada para el municipio de San Lorenzo y las

obras de captación del Rincón de La Victoria y Erquis que derivan el caudal para un sector de ciudad de Tarija.

Si bien no existe un detalle de la información de consumo de agua en el Municipio de San Lorenzo, se cuenta con datos del censo poblacional (INE, 2013) que muestra la población y su dinámica de crecimiento en relación con los censos 1976, 1992, 2001 y 2012. La dotación es también un factor que se puede extraer de NB689. Considerando estas fuentes de información sobre los usos de agua potencial, es posible estimar la demanda a través de lineamiento de diseño establecidos en la normativa nacional.

Finalmente, con la conceptualización de todas las variables climáticas, uso de suelos y demanda de la cuenca alta del Río Guadalquivir. Para la representación gráfica del comportamiento de la cuenca para la oferta y demanda, es importante recorrer la cuenca y conocer las diferentes obras hidráulicas que la componen y características de la demanda.

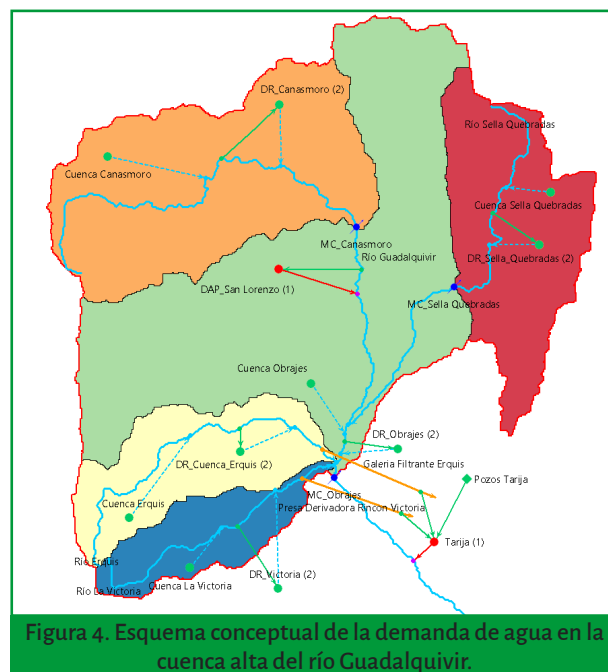


Figura 4. Esquema conceptual de la demanda de agua en la cuenca alta del río Guadalquivir.



### 3.4. Calibración del modelo hidrológico en la cuenca alta del río Guadalquivir.

La calidad de la calibración y la capacidad de predicción de un modelo hidrológico depende de la calidad de los datos, contexto y temporalidad de la información.

Mediante la conceptualización de las variables climáticas y demandas en WEAP en la cuenca alta del río Guadalquivir. El modelo hidrológico debe ser contextualizado al periodo de calibración, en lo posible contar con las demandas de agua potable y de riego en dicho periodo; una vez que logre calibrar el modelo se obtiene los valores de los parámetros de uso de suelo que minimicen la diferencia entre los datos observados y simulados, para verificar si la calibración es adecuada se emplea el coeficiente de determinación y confiabilidad de predicción hidrológica Nash-Sutcliffe y BIAS,

El área de la cuenca de Sella Quebradas es de 148 km<sup>2</sup> que representa un 16.4% de la superficie total de la cuenca alta del Río Guadalquivir. Al comparar los caudales medios máximos tanto de Obrajes como de Sella Quebradas se evidencia que son similares y en algunos casos lo superior lo cual no tiene sentido, debido que la estación de Obrajes contempla 6.1 veces el área de aporte que la estación de Sella Quebradas, por tal motivo se descarta dicha estación para el proceso de calibración, lo que se realiza en la cuenca de Sella Quebradas es un ajuste de los caudales época de estiaje, tal análisis de ilustra en la figura 5.

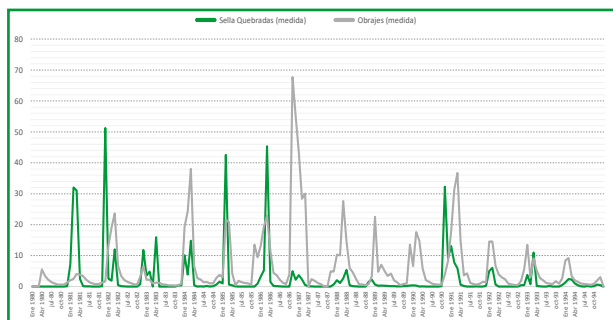


Figura 5. Comparación de caudales aforados en Sella Quebradas y Obrajes.

En cuanto a la estación de Canasmoro el registro de caudales aforados medios mensuales presentan un desplazamiento. Según los datos registrados los caudales máximos se presentan en época de estiaje por los meses de agosto y septiembre, dicho aspecto no refleja al comportamiento de la precipitación en la cuenca.

En el punto de aforo de obrajes se observa que los caudales medios máximos se presentan en la época de lluvia, y están acordes a los registros de precipitación, también presentan registros extensos y confiables y acorde al registro de precipitaciones mensuales, por tal motivo, se realiza la calibración en el periodo de 1980 y 1986 para el proceso de validación se considera los años desde 1987 al 1994.

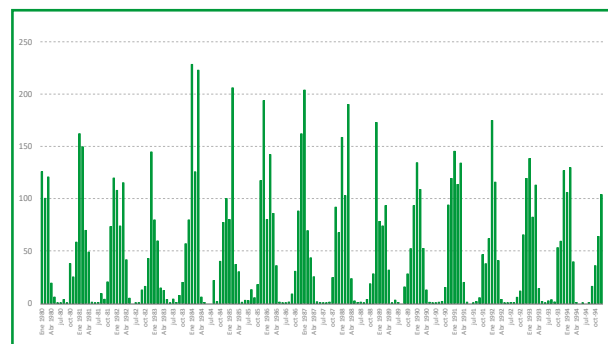


Figura 6. Registro de lluvias medias mensuales en la cuenca alta del río Guadalquivir.

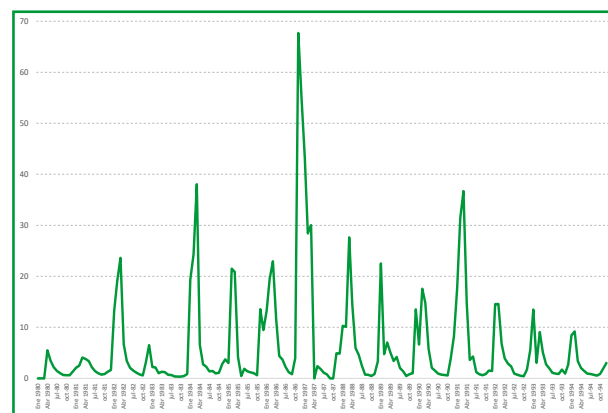


Figura 7. Registro de caudales medios mensuales en la cuenca alta del río Guadalquivir.

En las figuras 6 y 7, se evidencia un comportamiento estable que relaciona temporalmente la precipitación con respecto a los caudales medios aforados. La lluvia y caudal aforado muestran un patrón a precipitaciones máximas se produce caudales máximos y viceversa. Los caudales aforados son congruentes con las precipitaciones que se presentan en la cuenca de Obrajes

Se realiza un análisis del registro hidrométrico desde 1980 al 1994, en tal registro se aprecia que a finales del año 1986 y principios del 1987, se presenta un caudal pico que casi duplica los caudales registrados. Al comparar el caudal del año 1984 se registra un caudal de 38 m<sup>3</sup>/s en cambio el año 1986 se tiene un gasto de 68 m<sup>3</sup>/s, este fenómeno debe ir acompañado de precipitaciones extraordinarias proporcionales a los gastos. Al observar la tabla de precipitaciones se aprecia que el año que se presenta mayor precipitación es 1984, es decir el pico de los caudales deben ser próximos a dicho extremo. Una particularidad el caudal máximo de 1986 se presenta en el mes de noviembre que inicia el periodo húmedo; para generar tal pico de caudal mensual se debe recargar el tanque superior o saturar el suelo, o que las precipitaciones sean extremas para que se registre dicho caudal, por lo expuesto se descarta dichos aforos, del año 1986 y 1987.

La calibración y validación del modelo se desarrolla con los caudales aforados en Obrajes. Durante la fase de calibración se utilizó el 46.6% de la serie histórica de caudales observados (1980-1986). Al entender el método humedad de suelo de los dos contenedores y su ecuación facilita el tanteo y la asignación de valores en los parámetros de uso de suelo. Mediante ensayo y error, considerando los rangos de la guía de BHS (Soria, 2016) se realiza el ajuste manual de los parámetros, basado en la dinámica del modelo, la calidad de la información y la escala de los procesos naturales de la cuenca en estudio.

Una vez calibrado el modelo se procede a validar el mismo con el 46.6% de los datos de caudales observados restantes (1987 a 1994). Tanto la calibración como la validación son evaluadas con la métrica del coeficiente de determinación de Nash y BIAS, cuyo objetivo principal es establecer una correlación confiable entre los valores simulados y observados. El coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados medidos, y la proporción de variación de los resultados, que pueden explicarse por el modelo.

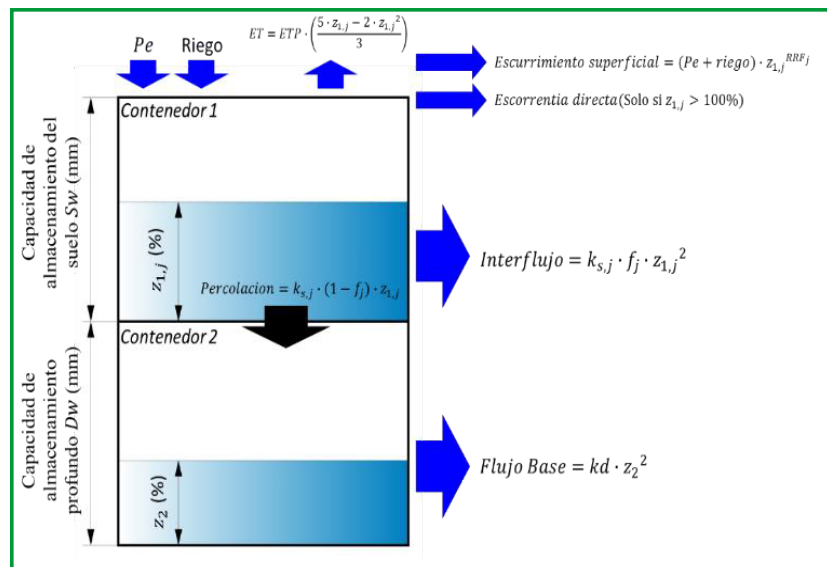


Figura 8. Elementos hidrológicos modelados en WEAP (método humedad del suelo).



### Ecuación balde superior

$$Sw_j \frac{dZ_{1,j}}{dt} = Pe(t) - ET_o(t) \cdot kc_j(t) \left( \frac{5Z_{1,j} - 2Z_{1,j}^2}{3} \right) - Pe(t) \cdot \frac{RRF}{Z_{1,j}^2} - f_j \cdot ks_j \cdot Z_{1,j}^2 - (1 - f_j) ks_j Z_{1,j}^2$$

Variable	Definición	Descripción WEAP
$k_{-}(c,j)$ (t)	Coficiente de cobertura vegetal en un suelo j.	Coficiente de cultivo.
$Sw_j$	Capacidad de almacenamiento en zona de raíces.	Capacidad de agua de suelo
$RRF_j$	Es el factor de resistencia de escurrimiento para cada fracción de cobertura	Factor de resistencia a la escorrentía
$Ks_{.j}(t)$	Estimación de la conductividad en la zona de raíces saturada (mm/paso de tiempo)	Conductividad en zona radicular.
$f_j$	Coficiente de partición o división relacionado al suelo, tipo de cobertura, y la topografía que fraccionan el agua en dos componentes, vertical y horizontal	Dirección preferencial del flujo
$Z_{1,j}$	Almacenamiento relativo dado como fracción del almacenamiento total en la zona de raíz (inicial).	Z1 inicial

Tabla 4. Definición de variables del balde superior y descripción en WEAP.

### Ecuación balde inferior

$$Dw \frac{dZ_{2,j}}{dt} = (1 - f_j) ks_j Z_{1,j}^2 - kd_{2,j} \cdot Z_{2,j}^2$$

Variable	Definición	Descripción WEAP
$Dw_j$	Capacidad de almacenamiento en zona profunda..	Capacidad agua profunda.
$kd$	Tasa de conductividad de almacenamiento inferior	Conductividad profunda
$Z_2$	Coficiente de partición o división relacionado al suelo, tipo de cobertura, y la topografía que fraccionan el agua en dos componentes, vertical y horizontal	Z2 inicial

Tabla 5. Definición de variables del balde inferior y descripción en WEAP

Para establecer el grado de correspondencia entre los valores modelados y observados, existen varios indicadores de carácter estadístico, como el índice de eficiencia de Nash-Surtcliffe y el sesgo de Bias.

$$Nash \rightarrow NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2} \quad \text{Ec. 3}$$

$$Bias = \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:  $Q_{s,i}$ , caudal simulado en el paso de tiempo  $i$ ,  $Q_{o,i}$ , caudal observado en el paso de tiempo  $i$ ,  $\bar{Q}_o$ , promedio de los caudales observados,  $n, i$ , número total de pasos de tiempo,  $\bar{Q}_s$ , promedio de los caudales simulados,  $Q_o$ , promedio de los caudales observados.

NC	Ajuste
< 0.2	Insuficiente
0.2 a 0.4	Satisfactorio
0.4 a 0.6	Bueno
0.6 a 0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Tabla 6. Valores referenciales del criterio de Nash - Sutcliffe.

Entre menor el porcentaje de BIAS, mejor la correspondencia de datos observados y generados, un BIAS positivo indica sobre estimación y un BIAS negativo indica subestimación de los caudales.

En el proceso de calibración se compara los caudales mensuales aforados y simulados mediante un proceso iterativo en los parámetros de usos de suelo. En la etapa de calibración del modelo, se busca obtener los valores de las variables de los dos contenedores dentro del rangos establecidos que permitan simular los caudales aforados. Al comparar los caudales aforados con los medidos, es necesario conocer si el modelado es correcto y se acerca a la realidad, para ello se utiliza las métricas estadísticas NASH y Bias.

En el proceso de calibración, se aprecia el comportamiento de algunas variables, los caudales máximos se afectan primordialmente por el factor de resistencia a la escorrentía (RRF), la conductividad hidráulica en la zona de raíces (Ks) y la capacidad de retención de humedad en la capa superior del suelo (Dw). Cuando el valor de Dw se incrementa se logra un mayor flujo subsuperficial. Por otro lado, el flujo base es muy sensible a los parámetros: dirección preferencial de flujo (f) y la conductividad hidráulica en la zona profunda (Kd). Al aumentar el valor de f aumenta la conductividad en la zona profunda, y, por lo tanto, la descarga de perfiles profundos, y como consecuencia aumenta los caudales bases.

Si se busca aumentar la respuesta de caudales pico, se debe ajustar la escorrentía superficial la cual es afectada por el RRF y Ks, que afectan la reactividad de los catchments. Por otro lado, si se quiere afectar los caudales base se debe ajustar f y Kd. Las relaciones entre los diferentes términos de la ecuación no son lineales y por lo tanto al afectar un término, se afectan las demás variables de forma indirecta. Otro factor de calibración como la conductividad hidráulica de la zona profunda, Kd, puede ser incrementado, aumentando la conductividad, y por tanto la descarga de los perfiles profundos, y el consecuente aumento en los caudales base. Si se aumenta la capacidad hídrica del perfil superior, Sw, se logra un mayor flujo subsuperficial, y por tanto un aumento de los caudales máximos. Finalmente, para el parámetro de capacidad de retención de humedad en el perfil profundo Dw, regula la transmisión de los flujos a los caudales base (Guía metodológica MHRHMW, 2009).

Es importante calibrar el modelo manualmente para comprender el comportamiento y respuesta hídrica de la cuenca, respondiendo la pregunta ¿qué ocurre si hago variar tal parámetro en el modelo? La calibración se realiza de forma iterativa apreciando la variabilidad del caudal con respecto a la modificación de cada parámetro de uso de suelo. Después de varias iteraciones se logra precisar el valor correspondiente a cada parámetro.

En el proceso de calibración se debe considerar el comportamiento del flujo base, que debe tener un comportamiento cíclico, sin ninguna tendencia. Con todas las consideraciones expuestas se llega a un mejor ajuste, y replicar las mediciones de caudales mensuales. En la figura 8, se muestra los resultados finales de calibración en el periodo mayo de 1980 a octubre de 1986.

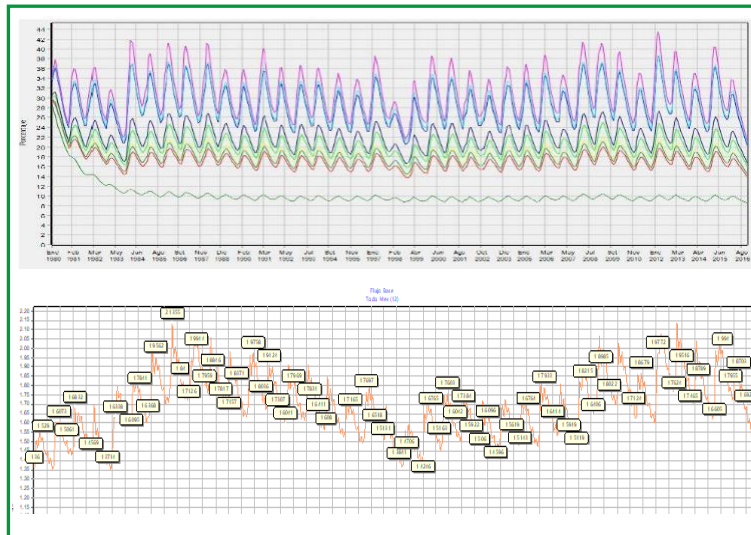


Figura 9. Flujo base en la cuenca alta del río Guadalquivir.

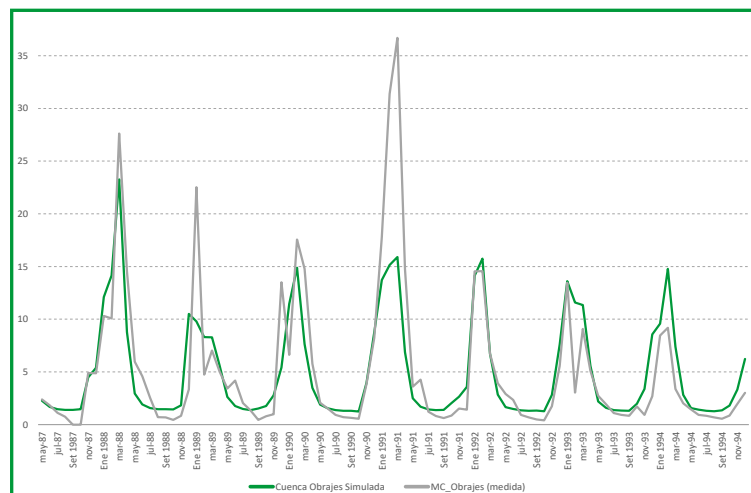


Figura 10. Hidrograma de caudales aforados y caudales simulados calibrados

Medidas de bondad de ajuste	Fórmulas	Valor obtenido
Nash- Sutcliffe	$NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$	0.64 Ajuste Muy bueno
Bias	$Bias = \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100$	2% Sobre estimación

Tabla 7. Medidas de bondad de ajuste para el modelo calibrado.

Los resultados obtenidos en el proceso de calibración, tanto el coeficiente de NASH como es sesgo de BIAS, presentan valores aceptables.

### 3.5. Validación del modelo hidrológico en la cuenca alta del río Guadalquivir.

En la práctica la validación verifica si el modelo calibrado tiene un desempeño adecuado en referencia a la predicción de caudales. Se aplica considerando datos de un periodo distinto al utilizado durante la calibración.

En el proceso de validación se debe contar con un registro lo suficientemente extenso; para tal propósito lo ideal es calibrar con un periodo inicial y validar con las últimas mediciones registradas. En la estación hidrométrica de Obrajes se tiene un registro de caudales que se extiende para el periodo de 1980 a 1994, En la presente investigación se considera el intervalo de validez desde el año 1987 a 1994.

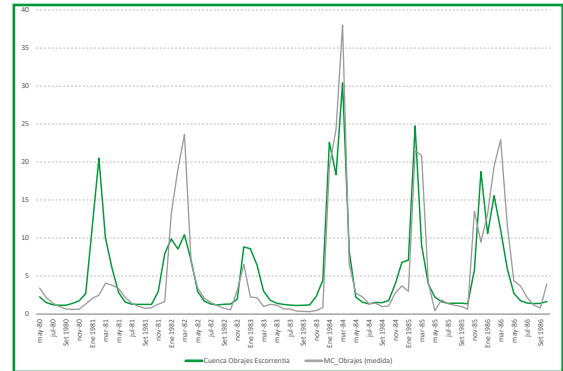


Figura 11. Hidrograma de caudales aforados caudales simulados periodo de validación.

Medidas de bondad de ajuste	Fórmulas	Valor obtenido
Nash-Sutcliffe	$NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$	0.66 Ajuste muy bueno
Bias	$Bias = \frac{Q_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100$	-4% Sub estimación

Tabla 8. Medidas de bondad de ajuste para el modelo calibrado.

Para el proceso de validación se elige el periodo que corresponde al intervalo de 1987 a 1994; de la serie de histórica de caudales mensuales de la estación hidrométrica de obrajes, se evidencia que, para dicho periodo, se obtienen mejores métricas, estos resultados muestran que el modelo es capaz de representar la dinámica hidrológica de la cuenca, generar escenarios alternos y posibilita la planificación de recursos hídricos en la cuenca alta del río Guadalquivir.

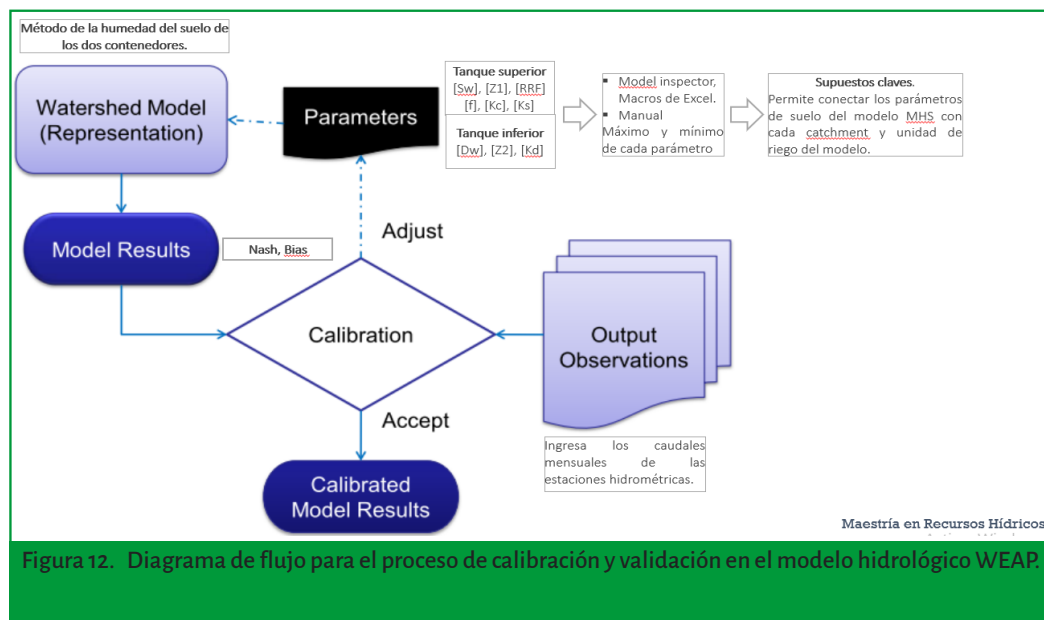


Figura 12. Diagrama de flujo para el proceso de calibración y validación en el modelo hidrológico WEAP.

Parámetro	Incidencia con el flujo superficial	Valor adoptado
Kc: Coeficiente de cobertura [-]	El <b>kc</b> afecta a la evapotranspiración potencial se elige un coeficiente que represente a la unidad hidrográfica, cuando se eleva el <b>kc</b> el caudal simulado se reduce. El rango empleado por el balance hídrico nacional oscila entre 1.0 a 1.2.	Kc_Bosque=0.92
		Kc_Matorral=0.87
		Kc_Pastos=0.83
		Kc_Agricultura=0.68
		Kc_Vegetación dispersa=0.68
		Kc_Urbano=0.68
f: Dirección preferente del flujo [-].	El <b>f</b> incide en el interflujo o flujo subsuperficial en la zona de raíces, al aumentar el valor de <b>f</b> existe un incremento en el escurrimiento superficial. <b>f</b> indica la cantidad de agua que ingresa al contendor inferior por medio de la percolación; cuando este valor es 0 indica que el flujo es vertical, cuando el valor es 1 señala que el flujo es horizontal y que no existe aporte al contendor inferior. El balance hídrico nacional cuenca de la plata toma un valor entre 0.72 a 0.99.	F_Bosque=0.94
		F_Matorral=0.94
		F_Pasto=0.68
		F_Agricultura=0.53
		F_Vegetación_dispersa=0.94
		F_Urbano=0.94
Sw: Capacidad de almacenamiento de agua en zona de raíces [mm]	<b>Sw</b> es un parámetro que depende de la textura, la profundidad de la zona de raíces que se relaciona con el tipo de cobertura vegetal presente; este valor se ajusta por medio de un factor regional. Es importante señalar que el balance hídrico muestra un factor regional $F_{sw}$ de 1.1; para el presente trabajo se adopta un valor de 1.16.	Agricultura_FA=144
		Agricultura_FYA=156
		Matorral_FA=144
		Matorral_FY=144
		Pasto_FA=144
		Pasto_FY=144
		Pasto_FYA=156
		Urbano_YA=10.8
Vegetación Dispersa_FYA=156		
Ks: Conductividad de la zona de raíces [mm/mes].	<b>Ks</b> incide en el interflujo al elevar dicho valor se reduce es escurrimiento superficial. El parámetro influye en la percolación al aumentar el ingreso de agua en el balde inferior. En el proceso de calibración se obtiene un factor regional igual a $F_{ks}$ 2.8, en el balance hídrico nacional es 4.	Arcilla=34.56
		Arcilla arenosa=72.58
		Franco arcilloso=51.84
		Franco arenoso=573.70
		Franco arcilloso arenoso=155.52
RRF: Factor de resistencia a la escorrentía [-]	El <b>RRF</b> afecta el escurrimiento superficial y el interflujo del modelo al elevar dicho valor se incrementa el caudal en el punto de aforo, los valores de dicho factor se adoptan de la tabla 14, este parámetro mantiene según las tablas y valores recomendados en la bibliografía.	Agricultura=4.8
		Bosque=7.23
		Matorral=4.8
		Pasto=5.41
		Vegetación Dispersa=4.80
Z <sub>1</sub> : Nivel de humedad en la zona de raíces [%].	<b>Z<sub>1</sub></b> , la fracción inicial de almacenamiento en la zona de raíces se obtiene mediante un proceso iterativo de ensayo y error. Una vez que ajustado <b>Kc, f, Sw, Ks, RRF</b> , se dirige a resultados humedad relativa del suelo (1%), y se obtiene el valor promedio de <b>Z<sub>1</sub></b> para todas las combinaciones cobertura textura, como valor representativo se obtiene el promedio del mes inicial. En el balance hídrico nacional <b>Z<sub>1</sub></b> =40%, en el estudio se obtiene <b>Z<sub>1</sub></b> =43%.	35%
Kd: Conductividad profunda [mm/mes].	<b>Kd</b> se obtiene en el proceso de calibración, este parámetro incide en el flujo base, e interflujo al disminuir el valor reduce el escurrimiento en época de estiaje, es importante el valor para ajustar el modelo; en el balance hídrico nacional este parámetro se encuentra entre 5 y 20. En el presente estudio se llega a un valor de 15.	22%
Dw: Capacidad agua profunda [mm].	<b>Dw</b> , es un parámetro que se debe calibrar y se encuentra en la parte inferior del balde, en el balance hídrico nacional adopta el valor de 1200, el estudio se adopta el mismo valor.	1100
Z <sub>2</sub> : Nivel de humedad en la zona profunda [%].	Al igual que el parámetro <b>Z<sub>1</sub></b> se obtiene el porcentaje de <b>Z<sub>2</sub></b> mediante un proceso iterativo. Este es un aspecto interesante, su comportamiento debe ser cíclico aumentar en época de lluvia y disminuir en época de estiaje, sin seguir tendencia alguna, se obtiene al promediar los diversos valores obtenidos del mes inicial <b>Z<sub>2</sub></b> . En el balance hídrico nacional adopta el valor de 40%, en el estudio se obtiene un 43%.	42%

Tabla 9. Parámetros de uso de suelos obtenidos mediante el proceso de calibración para la cuenca alta del río Guadalquivir método humedad se suelo SMM.

## 4. Discusión

El proceso de calibración se realiza de forma manual para conocer el comportamiento de los parámetros del tanque superior e inferior, método humedad de suelo. De esta forma, dependiendo de la serie de caudales que se requiera mejorar, se debe ajustar el o los parámetros correspondientes. Una vez se han ajustado los factores de calibración necesarios, se realiza la comparación de los caudales modelados con los registros históricos de estaciones de aforo de caudales de la zona. Para establecer el grado de correspondencia entre los valores observados y los valores modelados utilizan el índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe y el sesgo Bias (Weglarczyk, 1988. CCGUC, 2009).

Para lograr un modelo que simule el comportamiento hidrológico de una cuenca, se debe replicar los fenómenos climáticos presentes en un periodo dado, y reflejar la cobertura, características del suelo presentes en la superficie y demanda.

El proceso de calibración depende del registro hidrométrico, se hace variar los parámetros de uso de suelos, para que el caudal simulado se aproxime al caudal medido. Es decir, si se cuenta aforos erróneos los parámetros del tanque superior e inferior del método humedad del suelo, se alejan de la realidad, simulando otra unidad hidrográfica. Se debe analizar, comparar, verificar, corregir los caudales mensuales generados por las estaciones hidrométricas.

Alternativamente, la hidrología moderna amplía este procedimiento a través de enfoques jerárquicos similares al proceso siguiente (Wagener, Wheeler, & Gupta, 2004):

- ⊙ Se analiza la validez del modelo a través de la prueba tradicional de dos muestras.
- ⊙ Se valida estas percepciones en cuencas vecinas hidrológicamente similares.
- ⊙ Se selecciona dos periodos distintos a los previamente identificados. El requisito es identificar periodos donde se espera que el comportamiento de la cuenca hubiese cambiado o evolucionado por efectos varios, de preferencia naturales. En este paso, es posible que los parámetros calibrados cambien, debido a que se busca evaluar el desempeño del modelo en condiciones distintas.

En el proceso de validación, se obtiene métricas aceptables; el coeficiente de NASH alcanza un porcentaje 0.66 según su escala el valor se encuentra en el rango de “muy bueno”; en cambio para el sesgo de BIAS se subestima con un porcentaje del -6%.

## 5. Bibliografía

- 📖 Andersen L. Y Mamani R. (2009). Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades. Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica.
- 📖 Cabrera, j. (2011). Calibración de modelos Hidrológicos. Universidad Nacional de Ingeniería de Perú.
- 📖 Calderón A. Paula A. (2017). Análisis de disponibilidad de recurso hídrico en la cuenca del Río Virilla (tesis de maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- 📖 CITER, (2007). Programa de Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Departamento de Tarija. OTN-PB.
- 📖 Coponariño (2009). Índice de escasez de agua superficial cuenca Río pasto, Bogotá, Colombia.



- ◻ Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos, (2010). Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Pampas. Ministerio de Agricultura de Perú.
- ◻ Duque Y. y Vázquez Zambrano R. (marzo de 2015). Modelación de la oferta hídrica en una cuenca de montaña tropical en función de su cobertura del suelo. *Aqua-LAC*, (7), 53-76. Recuperado de <http://www.unesco.org/>
- ◻ Escobar, M., Lima, N., Purkey D., Yates David. y Forni Laura. (septiembre de 2013). Modelación Hidrológica y Escenarios de Cambio Climático en Cuencas de Suministro de Agua de las ciudades La Paz y El Alto, Bolivia. *Aqua-LAC*, (5), 23-34. Recuperado de <http://www.unesco.org/>
- ◻ ESCOBAR, PURKEY, POUGET, SUAREZ, CONDOM Y RAMOS, (2008). Construcción del Modelo WEAP del Río Santa. IRD, SEI-US. Díaz Barriga, F. (2011). Taller de metodología de la investigación para Educación Superior. Editorial Limusa. México.
- ◻ Ezequiel Ander EGG. (2011). Aprender A Investigar Nociones Básicas Para La Investigación Social. Editorial Brujas. Argentina.
- ◻ Food and Agricultura Organization (2006). Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.
- ◻ Fundación amigos de la naturaleza. (2010). Disponibilidad hídrica y demanda de agua en la cuenca Piraí: Situación actual y escenario de cambio climático con aplicación de SWAT Y WEAP. Recuperado de <http://www.fan-bo.org/>
- CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO MEDIANTE EL WEAP MÉTODO HUMEDAD DEL SUELO, PARA LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUADALQUIVIR
- ◻ Guevara Castro Daniel Fernando. (2015). Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: caso de estudio microcuenca del Río Upín (tesis de maestría). Universidad Católica, Bogotá, Colombia.
- ◻ Hervis, G., Lopez, T., Vargas, R., Rolón, J. y Sanchez, G. (2018). Aplicación del modelo WEAP para la planeación hidrológica de la cuenca San Diego, Pinar del Río, Cuba. Recuperado de <http://www.researchgate.net/publication/320776369>.
- ◻ Instituto de Hidráulica e Hidrología. (2005). Balance hídrico superficial de la cuenca alta del Río Pilcomayo. La Paz, Bolivia.
- ◻ Instituto Nacional de Estadística (diciembre, 2013). Censo Agropecuario. La Paz, Bolivia.
- ◻ Instituto Nacional de Estadística (febrero 2015). Censo de población y vivienda 2012. La Paz, Bolivia.
- ◻ Juan C., (2011). Calibración de modelos Hidrológicos. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ◻ Labrador A., Zuñiga J. y Romero J. (2016). Desarrollo de un modelo para la planificación integral del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica del Río Aipe. *Revista Ingeniería y Región*, 15 (1), 23-35. doi: <https://doi.org/10.25054/22161325.1176>
- ◻ Leodán A. O., Guillermo V. y Guillermo B. (2007). Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos. *Revista Facultativa Agronómica*, Medellín, Colombia.
- ◻ Menacho León Juan Williams (2017). Estudio de balance hídrico con modela-



miento WEAP en la cuenca Alta del Río Pativilca. Asegurando el Agua y los Medios de Vida en la Montaña, Chiquian, Bolognesi, Perú.

- 📖 Nicolás Ciancaglini, Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.
- 📖 Norma Lili Castro Giraldo. (2014). Implementación del sistema de modelación WEAP como herramienta para la gestión integral del recurso hídrico en la vereda la bella (tesis de grado). Universidad Tecnológica Pereira, Pereira, Colombia.
- 📖 Parra Ullauri Alejandra Mayra. (2016). Implementar el sistema de modelación WEAP como herramienta que determine el impacto del cambio climático sobre la disponibilidad del agua en la cuenca del Río Machángara (tesis de grado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- 📖 Plan Nacional de Regadíos (2008).
- 📖 Ruiz, L., Delgado, J., Cortés, M., y Rueda, O. (marzo de 2015). Efecto de medidas de adaptación basada en ecosistemas sobre métricas hidrológicas considerando cambio climático: Río Nechí. Aqua-LAC, (8), 21-33. Recuperado de <http://www.unesco.org/>
- 📖 Senamhi (2011). Cartilla técnica Ciclo hidrológico. Lima, Perú.
- 📖 Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2005). Balance hídrico integrado y dinámico en el Salvador. San Salvador.

# ARTÍCULO 7

# Ciudad Blindada

## Armored City

Martínez De Los Ríos Cristian Federico<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Docente de la Carrera de Arquitectura - Facultad de Ciencias y Tecnología  
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho*

<sup>a</sup> **Correspondencia del autor(es):** [carlosalbertogoitiacaballero@gmail.com](mailto:carlosalbertogoitiacaballero@gmail.com), dirección.

### Resumen

Ciudad blindada, observa con detenimiento la composición de los muros de la arquitectura vernácula de la ciudad de Tarija, desde la perspectiva morfológica más que tecnológica, ya que encuentra en este sistema la identidad de la ciudad, observado con detenimiento como se incorporan materiales de cerámica y piedra para blindar los muros con alma de adobe, con textura y color que se combinan de forma equilibrada y eficaz. En esta oportunidad se analiza un solo elemento constructivo, como es el enchape de los muros, como imagen visible de las construcciones que se encuentran en conjuntos bien definidos o en algunos casos de forma aislada por áreas céntricas y periféricas de la ciudad.

**Palabras clave:** Ciudad, Blindaje, Vernácula, Ladrillo, Piedra, Color, Textura, Ritmo, Composición.

### Abstract:

Armored city, observe carefully the composition of the walls of the vernacular architecture of the city of Tarija, from the morphological rather than technological perspective, since, it finds in this system the identity of the city, observed carefully as ceramic and stone materials are incorporated to shield the walls with adobe soul, with texture and color that combine in a balanced and effective way. This opportunity analyzes a single constructive element, such as the wall slat, as a visible image of the buildings that are in well-defined assemblies or in some cases isolated by central and peripheral areas of the city.

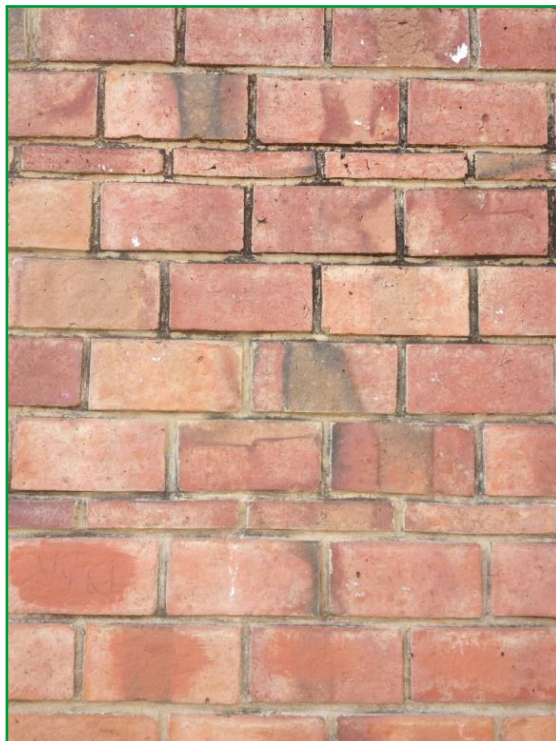
**Keywords:** City, Shielding, Vernacular, Brick, Stone, Texture, Color, Rhythm, Composition.

## 1. Introducción

Colores y texturas transmiten identidad en la ciudad de Tarija. Nos remontamos a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX todavía bajo la línea de la arquitectura republicana, a la vez con la mirada puesta en la corriente de la arquitectura moderna que ya se consolidaba en el hemisferio norte, Tarija con arquitectura representativa Republicana con edificaciones de gran calidad en cuanto a ornamentación y monumentalidad que se muestran con esplendor en el centro histórico de la ciudad de estilo ecléctico historicista con influencia del barroco, art nouveau, neoclásico dentro de la corriente del historicismo entre otros, además, de contar con el legado de la arquitectura colonial.

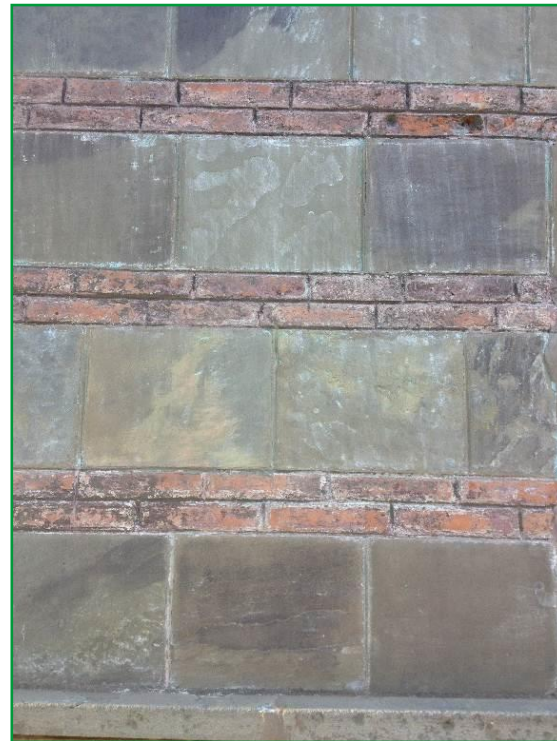
características racionales donde la ornamentación va desapareciendo, estas vienen a sumarse a las estructuras con valor patrimonial en el centro histórico de la ciudad.

Vemos que la arquitectura de Tarija transcurre por la época Colonial luego la Republicana como así también la Moderna, siendo estas las épocas que construyen nuestro hoy conocido centro histórico. En este resumen del transcurrir de la ciudad, como podemos observar nos encontramos con edificaciones en su mayoría de carácter monumental ya sea en el ámbito religioso, gubernamental y privado que buscan ser protagonistas con sus líneas de diseño mostrándose de esa manera a la sociedad.



Fotografía N°1: Enchape de ladrillo gambote

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°2: Enchape de piedra y ladrillo

Fuente: Elaboración propia

En la línea de la arquitectura moderna encontramos edificaciones de estilo art déco en las décadas del 30 y 40 del siglo XX, edificaciones con

Si bien tenemos un rico legado en cuanto a tendencias, corrientes y estilos no podemos olvidar que la ciudad también está compuesta por otro

tipo de edificaciones que por alguna razón no se la toma en cuenta como arquitectura de relevancia, esta, tal vez no se la contempla por no considerarse o, por no encontrarse identificada con alguna tendencia o estilo que la pueda identificar, pero, esta estuvo ahí y continua entre nosotros de pie en pleno desarrollo de la arquitectura Contemporánea siendo parte de la sintaxis de la ciudad intrínsecamente conectada a las épocas que transcurrieron.

Nos encontramos ante la arquitectura vernácula que es parte nuestra, bien nuestra, ya que es el reflejo de un entorno Social, Económico, Político y Ambiental que son los mismos cuatro componentes en el que se desarrollaron y desarrollan los estilos emergentes. Si prestamos atención a nuestro alrededor encontramos edificaciones de una a dos plantas muy simples, pero con características únicas que las nombraremos de manera muy resumidas ya que estas serán parte de un estudio a mayor profundidad:

Funcionalidad, con patio central como núcleo de distribución hacia las habitaciones del entorno, herencia en planta de la época colonial, esta se encuentra conectada mediante un zaguán al ingreso principal del edificio con salida directa a la vía.

Espacialidad, con ambientes de dimensiones regulares ortogonales, de altura promedio siempre buscando resaltar el patio central como protagonista, elemento que invita a estar en él.

Morfología, simple con líneas puras en una y dos plantas, con modulación de aberturas en la mayoría de los casos de forma ortogonal, sin contar con elementos como balcones y voladizos, carentes de ornamentación, si bien su descripción se sintetiza en simple y pura no es reflejo de mediocridad morfológica más bien al contrario muy rica en cómo se articula con el resto de la arquitectura y con el entorno inmediato y mediático algo difícil de conseguir

Tecnología, materiales del sitio desde el uso de piedra en cimientos y sobrecimientos, muros de

adobe con cubierta de teja muslera con estructura de rollizos de madera y entramado de caña hueca, carpintería de madera con dinteles de vigas de madera, materiales que se encuentra en la región.



Fotografía N°3: Muro de adobe

Fuente: Elaboración propia

Conjuntos de viviendas que son parte del centro histórico de la ciudad e incluso de las áreas periféricas ya que estas fueron adoptadas en su generalidad por familias de clase media y baja, con alma de adobe estas por la necesidad tecnológica

## 2. Ladrillo y piedra

Ladrillo y piedra, piezas constructivas que se incorporaron a los muros de adobe, empezando a tomar protagonismo en la ciudad transformando para “siempre” la imagen urbana, resolviendo un problema constructivo, pero sin saber que se convertiría esta intervención en un atractivo con identidad tarijeña.

Tarijeña, ya que el estilo con viviendas en su mayoría de una sola planta, encajan de una manera perfecta en el perfil de vías heredado de la época colonial, sin que lleguen a romper con el contexto general ya dispuesto en la ciudad.





Fotografía N°4: Enchape de ladrillo gambote

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°5: Enchape de piedra.

Fuente: Elaboración propia

### 3. Identidad

Si de identidad se trata, pues sí, está la tenemos materializada en nuestras calles con este estilo de viviendas, con colores y texturas bien marcados, que, si bien pasan desapercibidas o ignoradas por la mayoría de los habitantes de la ciudad, estas

tienen que ser consideradas como un legado de identidad, inmersa en la mirada y memoria colectiva de la ciudadanía.



Fotografía N°6: Vivienda con blindaje.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°7: Vivienda con blindaje.

Fuente: Elaboración propia



## 4. Blindaje

Muro con blindaje de ladrillo y zócalo de piedra, combinación frecuente de fachada que muestra tonalidades de color naranja, es decir, colores de la gama de los cálidos, con remate inferior de zócalo de piedra que es parte del conjunto de la vivienda.

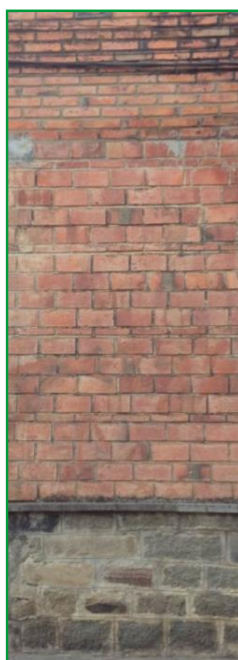
Muro con blindaje de piedra labrada o loza, otra de los estilos de enchape que muestran un muro solido con remate de inferior de piedra en el zócalo, con tonalidades de gris y verduzcos de la gama de los colores fríos.

Muro con blindaje de piedra y ladrillo, fachada mixta que incorpora los dos materiales de enchape logrando una combinación eficaz en el enchape entre piedra y ladrillo, nuevamente con remate inferior de zócalo de piedra



Fotografía N°8: Enchape de piedra y zócalo de piedra.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°9: Enchape de ladrillo y zócalo de piedra.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°10: Enchape de ladrillo y zócalo de piedra.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°11: Enchape mixto y zócalo de piedra.

Fuente: Elaboración propia

## 5. Colores y Texturas

Los blindajes manejan tonos de naranjas, grises, azules y verdes, que se combinan perfectamente entre sí, para mostrarse con diversidad, pero a la vez de forma homogénea, algo curioso, que al transitar por las calles de Tarija nos parece algo común, pero, para el visitante es algo que llama la atención y observan con detenimiento al ver estas viviendas que con su sencillez se incorporan en conjuntos o inmersas entre otras de distintas



Fotografía N°12: Ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

características.

Con texturas rugosas, entre piedra labrada y ladrillo gambote, con juntas deprimidas que remarcan con mayor énfasis los detalles del encuentro entre piezas, provocando que estas resalten con



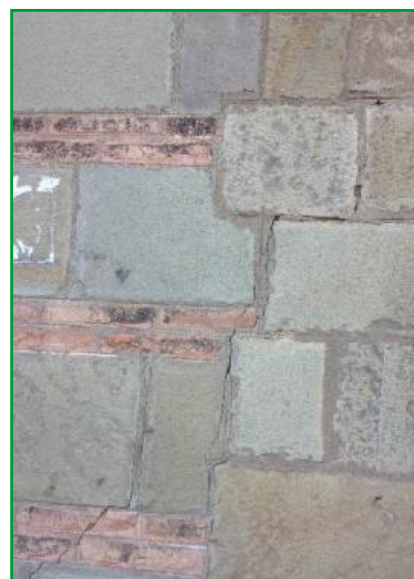
Fotografía N°13: Ladrillo.  
Fuente: Elaboración propia



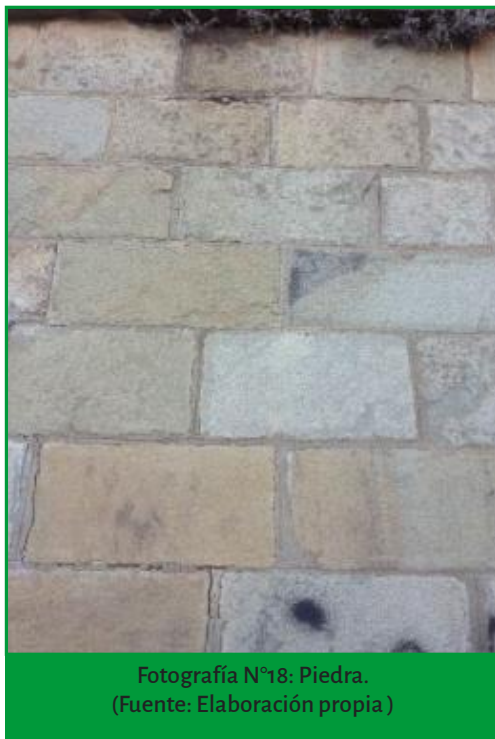
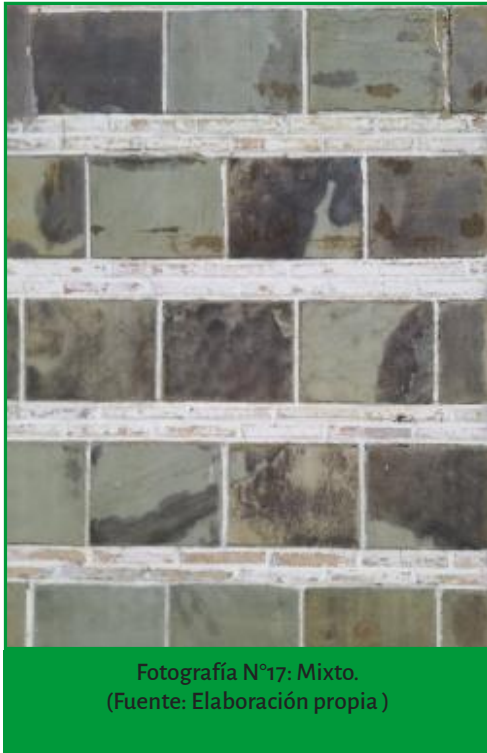
Fotografía N°15: Piedra.  
Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°14: Ladrillo.  
Fuente: Elaboración propia



Fotografía N°16: Mixto.  
Fuente: Elaboración propia



el efecto de luz y sombra en el transitar del sol durante el día.

## 6. Proporción, Ritmo, Armonía y escala.

Sin ornamentación, a diferencia de las viviendas de dos plantas eclécticas historicistas de la línea del academicismo, estas viviendas simples con proporciones a menor escala, son con identidad local. Proporción, Ritmo, armonía y escala, características de estas viviendas y reflejo de la forma de vida del ciudadano tarijeño, sin emular la arquitectura internacional como lo son, nuestros principales bienes patrimoniales inmuebles arquitectónicos de la ciudad, encontrando a esta arquitectura vernácula, bien nuestra, bien regional.

## 7. Conclusiones.

Nuestra mirada solo se enfoca en emular lo extranjero, sin darnos cuenta que lo que buscamos está aquí, es más, siempre estuvo aquí presen-



te, el legado arquitectónico vernáculo es nuestra identidad, ya que este es el reflejo del pensar y comportamiento cotidiano de la gente de la región.

En esta oportunidad vimos un solo elemento de los varios con lo que se componen estas edificaciones arquitectónicas, el blindaje, Ciudad Blindada.

## 8. Referencias

- 📖 [1] Leonardo Benevolo, Historia de la Arquitectura Moderna. Barcelona España, Gustavo Gili, Año 2002.
- 📖 [2] Claudio Perrault, Real Academia de las Ciencias de Paris, Los Diez Libros de Arquitectura Marco de Vitruvio. Año M.DCC.LXI.

# Normas de publicación de la revista Ciencia Sur

## 1. Envío y Presentación

- ⦿ La Revista “CIENCIA SUR”, recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- ⦿ Los textos deben ser enviados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.) en dos columnas. El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, interior e inferior 2 cm. y el exterior de 1 cm.
- ⦿ La extensión total de los trabajos para los artículos de investigación, científica y tecnológica tendrán una extensión máxima de 15 páginas (incluyendo la bibliografía consultada) y no tener una antigüedad mayor a los 5 años, desde la finalización del trabajo de investigación.
- ⦿ Para los artículos de reflexión y revisión se tiene una extensión de 10 páginas. En el caso de los textos para los artículos académicos se tiene un mínimo de 5 páginas.
- ⦿ Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de no más de 250 palabras.
- ⦿ En los trabajos de investigación científica y tecnológica, y en los artículos de revisión y de temas académicos deben incluirse de 3 a 5 palabras clave en cada caso.
- ⦿ En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo todas las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. El orden de aparición debe corresponderse con el orden de contribución al trabajo, reconociéndose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.
- ⦿ La Revista “CIENCIA SUR”, solo recibe trabajos originales e inéditos, que no hayan sido publicados anteriormente y que no estén siendo simultáneamente considerados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores, donde certifiquen la originalidad del escrito presentado.

## 2. Formato de Presentación

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

- ⦿ Título del Artículo. El título del artículo debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.
- ⦿ Autores. Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores, y en qué orden. Generalmente, está claro que quien aparece en primer lugar es el autor principal, además es

quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, adoptaron el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigador, e investigador junior, posteriormente los asesores y colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar, debe ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina “et al”, que significa “y otros” y finalmente debe indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

- ⊙ Resumen y Palabras Clave. El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, incluirá los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más informativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.
- ⊙ Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 250 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.
- ⊙ En el caso de los artículos originales, tanto el título, el resumen y las palabras clave deben también presentarse en idioma inglés.
- ⊙ Introducción. La comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado.
- ⊙ Materiales y Métodos. Debe mostrar, en forma organizada y precisa, como fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos.
- ⊙ La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan los resultados. Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se seguir en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.
- ⊙ Resultados. Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, figuras, etc.
- ⊙ Discusión. El autor debe ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se dará énfasis en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordaren las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, edemas de las consecuencias para la investi-



gación en el futuro. Se compararan las observaciones con otros estudios pertinentes. Se relacionaran las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.

- ⊙ Bibliografía Utilizada. La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las referencias bibliográficas (Punto 5).
- ⊙ Tablas y Figuras. Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.
- ⊙ El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la Leyenda.
- ⊙ Referencias Bibliográficas. Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparece-

rán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

- ⊙ Referencia de Libro
- ⊙ Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que, para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición.
- ⊙ Tamayo y Tamayo, M. (1999). El Proceso de la Investigación Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto. Editorial Limusa. México.
- ⊙ Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Ediciones Aljibe. España.
- ⊙ Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro.
- ⊙ Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, paginas. Editorial y lugar de edición.
- ⊙ Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe. y O. José (eds). Delirium: un gigante de la geriatría (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas
- ⊙ Referencia de Revista.
- ⊙ Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, paginas, fecha y editorial.

- ⊙ López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. En *Ventana científica*, N° 2. Volumen 1. pp 26 — 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.
- ⊙ Referencia de Tesis. Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar.
- ⊙ Página Web (World Wide Web).
- ⊙ Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de (URL — dirección).
- ⊙ Puente, W. (2001, marzo 3). Técnicas de Investigación. Fecha de consulta, 15 de febrero de 2005, de <http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>
- ⊙ Duran, D. (2004). Educación Ambiental como Contenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportel.net/content/view/full/37878>
- ⊙ Libros Electrónicos. Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso. Ortiz, V. (2001). La Evaluación de la Investigación como Funciona Sustantiva. [Libro en lineal Serie Investigaciones (ANUIES)]. Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anui.es.mx/index800.html>
- ⊙ Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto. Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto se podrán asumir las siguientes formas:
- ⊙ De acuerdo a Martínez, C. (2010), la capacitación de docentes en investigación es tarea prioritaria para la Universidad.
- ⊙ En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación (Fernández, R. 2012).
- ⊙ En el año 2014, Salinas, M. indica que la de capacitación en investigación es fundamental para despertar en los docentes universitarios, la actitud por investigar.

### 3. Derechos de Autor

Los conceptos y opiniones de los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores. La concesión de Derechos de autor significa la autorización para que la Revista “CIENCIA SUR”, pueda hacer use del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica.

En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as). Los autores cuyos artículos se publiquen recibirán un certificado y 1 ejemplar de la revista donde se publica su trabajo.



Universidad Autónoma  
Juan Misael Saracho



Facultad de Ciencias y  
Tecnología



**DICYT**