



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
"JUAN MISAEL SARACHO"**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA**

# **CIENCIA SUR**

**Vol. 4 N° 5 Julio 2018**

**ISSN 2518 - 4792**



**Revista Facultativa de  
Divulgación Científica**

**TARIJA - BOLIVIA**



# Revista Facultativa de Divulgación Científica

## CONSEJO EDITORIAL



**M.Sc. Ing. Henry Monzon de los Ríos**

Docente Dpto. de Hidraulica y Obras Sanitarias

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

Docente Dpto. de Topografía y Vías de Comunicación

**M.Sc. Ing. Yessica Baldiviezo Alarcón**

Docente Dpto. de Arquitectura y Urbanismo

**M.Sc. Ing. René Michel Cortez**

Dpto. de Procesos Industriales Biotecnológicos

M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado

**Editora Revista Ciencia Sur**  
**Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho"**  
**laraksosal@hotmail.com**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

## **CIENCIA SUR**

Revista Facultativa de Divulgación Científica  
Julio, 2018

M.Sc. Ing. Freddy Gonzalo Gandarillas Martinez  
**RECTOR**

M.Sc. Lic. Ricardo Colpari Díaz  
**VICERRRECTOR**

### **AUTORIDADES FACULTATIVAS:**

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

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

### **Edición**

Facultad de Ciencias y Tecnología

### **Editora**

M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado  
Correo Electrónico: laraksosal@hotmail.com

### **Reservados todos los derechos**

Esta revista no podrá ser reproducida en forma alguna, total y parcialmente, sin la autorización de los editores.

El contenido de esta revista es responsabilidad de los autores.

**Diseño y Diagramación:** Teófilo Copa F.

Versión Digital de la Revista: [www.uajms.edu.bo/revistas/ciencia-sur](http://www.uajms.edu.bo/revistas/ciencia-sur)

Publicación financiada por el proyecto **"Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho"**

# PRESENTACIÓN



En un mundo tan cambiante y con tantas transformaciones económicas, sociales, culturales y tecnológicas en el que se desenvuelve la universidad, nos encontramos frente a un conjunto de demandas que nos plantea el entorno social a través de sus instituciones, unidades productivas y población en general. En esta encrucijada en la que se encuentra Juan Misael Saracho, de la cual la Facultad de Ciencias y Tecnología es un componente importante, estamos atravesando un proceso de mutación, inducido por la sociedad en su conjunto y por la propia academia, proceso lento pero sostenido, que tiene una vertiente interna en el cambio académico para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje y otra externa que le demanda la sociedad a través del requerimiento de profesionales más competitivos, con mayores destrezas, a la vez de un apoyo al proceso productivo y acompañamiento a los cambios socio culturales que vivimos. Esta mutación en la que nos encontramos, posiblemente tenga su origen en el desbalance que generan las demandas del entorno, que superan ampliamente a la capacidad de respuesta que tiene la Universidad.

La revolución del conocimiento y la información, a la que se suma la vinculación con el entorno, se plantea como un primer reto para la universidad, pues debemos pensar en una universidad inserta productivamente en las fronteras del conocimiento, teniendo como bases fuertes procesos de investigación y transferencia al conjunto de las instituciones que forman su entorno. Al no contar con excesivos recursos, debemos generar un conocimiento en función de su aplicación, que tenga como base un importante grado de utilitarismo y de sensibilidad a las demandas del entorno.

Somos conscientes que estamos frente a gran número de demandas que provienen del cambio de época y de la sociedad misma, pues se concibe que el despegue del proceso de investigación regional va asociado a las demandas regionales, a sus reales potencialidades y a las perspectivas que tenemos en un mundo altamente competitivo, en el cual debemos encontrar nuestros nichos de mercado, donde la información y la generación de nuevos conocimientos crece a una velocidad tal, que resulta imposible que sea asimilado en su totalidad por las personas, siendo la obsolescencia de este conocimiento cada vez más acelerado.

Estos retos han estado generando la creciente acumulación y diversificación de los saberes, y la imperiosa necesidad de aplicarlos a los procesos productivos, han motivado un cambio cultural al interior de la universidad. Este cambio implica el paso hacia una **Sociedad del Conocimiento**, en la cual, la información adquiere su verdadero valor en la medida que se aplica a situaciones reales. Este cambio cultural tiene su principal expresión en las alianzas estratégicas que se van generando entre la universidad, el estado en sus distintos niveles y el sector productivo, pues se está dando con mayor vigor la incorporación de capital intelectual generado en los centros de investigación, hacia el sector productivo, como una forma de incrementar su productividad, eficiencia y calidad de sus productos y servicios. Ciencia Sur es una expresión de la búsqueda de esos canales de acercamiento al entorno.

**Jorge Luis Tejerina Oller**  
**Docente de la Facultad de Ciencias y Tecnología**

# CONTENIDO

PÁG.

Obtención del extracto de paraiso (*melia azedarach l.*), a escala laboratorio  
**Mallea Vallejos Wendy Griffit**

1

Obtención de modelos digitales de terreno con aplicación de vehículos aéreos no tripulados  
**Chavez Calla Oscar Marcelo Gudiño Aparicio Juan Carlos**

8

Potencial de Colapso en Suelos Limosos  
**Almendras Saravia Armando**

14

Determinación de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del hormigón.  
**Brañez Coro Juan Pablo**

28

Identificación de grado de rururbanidad de: la Victoria, Cadillar, Tomatitas, loma de Tomatitas, Rancho Sur y Rancho Norte  
**Mendoza Sanchez Ronald Carlos**

32

La afectación del cambio climático en el patrimonio cultural a los materiales de construcción un estudio de caso  
**Ayarde Ponce María Teresa**

48

Aprendiendo comportamiento estructural a través de puentes de espagueti  
**Echalar Flores Michael Willy**

65

Las ingenierías en el siglo XXI  
**Michel Cortéz René Emilio**

69

**NORMAS DE PUBLICACIÓN**

76



# **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS**

## OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE PARAISO (*Melia Azedarach* L.), A ESCALA LABORATORIO

MALLEA VALLEJOS WENDY GRIFFIT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de procesos industriales Biotecnológicos y ambientales Ingeniería Química UAJMS

Correo electrónico: cienciasur@uajms.edu.bo

### RESUMEN

El presente proyecto de investigación “Obtención del extracto de Paraíso (*Melia Azedarach* L.), a escala laboratorio” está dirigida al aprovechamiento del fruto del paraíso, brindando una nueva alternativa como insecticida natural.

Para obtener el extracto del paraíso se empleó el proceso de extracción sólido-líquido con etanol como solvente, el proceso inicia con el acondicionamiento, el fruto seleccionado es llevado al molino de bolas para ser pelado y después triturado en un molino de martillos, pasando a continuación con el fruto molido al equipo de extracción el rota-evaporador, donde se obtiene extracto concentrado de la semilla del fruto del paraíso.

El solvente añadido disuelve prácticamente la totalidad de las grasas contenidas en los sólidos, separándose de los mismos por destilación, debido a la gran volatilidad del solvente empleado es fácil recuperarlo para volver a utilizar.

Los resultados del proceso de obtención del extracto de semillas de Paraíso dieron un rendimiento del y se utilizó la relación sólido-líquido; 1:1,5 se realizó el análisis de cromatografía de masas del extracto concentrado de las semillas del fruto de Paraíso por el Laboratorio CIC en Buenos Aires (Argentina), identificando 83 compuestos, muchos de ellos derivados del furfural. La muestra posee ácidos grasos principalmente palmitico, linoleico, linolénico, mono y di glicéridos, esteroides, terpenos y alcanos, comparables a otros resultados similares según bibliografía consultada.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial de 2<sup>3</sup>, dos variables (tiempo de agitación y concentración de disolvente) en tres niveles. La variable respuesta fue el rendimiento de la extracción. A través del trabajo realizado, se evidenció la factibilidad técnica de obtener extracto de paraíso, con niveles de rendimiento aceptables, recomendando proseguir con los estudios para realizar la factibilidad económica u otras alternativas de extracción, que puedan viabilizar el proceso productivo en nuestra región.

### PALABRAS CLAVE

Paraíso, extracto, extracción, semillas.

### ABSTRACT

The present research project “Obtaining the extract of Paradise (*MeliaAzedarach* L.), at laboratory scale” is aimed at the use of the fruit of paradise, providing a new alternative as a natural insecticide.

To obtain the extract from the paradise the solid-liquid extraction process with ethanol was used as solvent, the process starts with the conditioning, the selected fruit is taken to the ball mill to be peeled and then crushed in a hammer mill, passing to Then, with the ground fruit to the extraction equipment, the rota-evaporator, where concentrated extract of the seed of the fruit of paradise is obtained.

The added solvent dissolves practically all the fats contained in the solids, separating them from them by distillation, due to the high volatility of the solvent used, it is easy to recover it for reuse. The results of the process of obtaining the seed extract of Paradise gave a yield of 52.68% and the solid-liquid relationship was used; 1: 1,5the mass chromatography analysis of the concentrat-

ed extract of the seeds of the Paraíso fruit was carried out by the CIC Laboratory in Buenos Aires (Argentina), identifying 83 compounds, many of them derived from furfural. The sample has fatty acids mainly palmitic, linoleic, linolenic, mono and di glycerides, sterols, terpenes and alkanes, comparable to other similar results according to consulted literature.

For the statistical analysis, a factorial design of 23 was used, two variables (agitation time and solvent concentration) in three levels. The response variable was the yield of the extraction. Through the work carried out, the technical feasibility of extracting paradise extract, with acceptable levels of yield, was evidenced, recommending to continue with the studies to realize the economic feasibility or other extraction alternatives, that could make viable the productive process in our region.

## KEYWORDS

paradise, extract, extraction, seed

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el área agroindustrial ha optado por priorizar los factores cantidad y tiempo, haciendo uso indiscriminado y sin supervisión de agroquímicos, deteriorando la calidad del ambiente en especial del suelo, motivo por el cual la población e instituciones exigen la implementación de una agricultura orgánica (Fuentes A., 2016). Las plantas han sido siempre una fuente indispensable para la obtención de productos beneficiosos en la historia de la humanidad (Bandoni et al, 2009). Para asegurar índices aceptables de productividad que proporcionen rentabilidad económica de la actividad agrícola, comúnmente se requieren la aplicación de grandes cantidades de plaguicidas (Pedlowski et Al., 2012). Para reducir el consumo de estos productos químicos, los métodos de control de insectos en la agricultura han sido investigados en los últimos años, junto con una búsqueda de la gestión de químicos con menor impacto ambiental.

Las plantas producen generalmente una variedad de compuestos que tienen un papel ecológico importante en la regulación de las interacciones entre plantas, microorganismos, insectos y otros animales al protegerse de los depredadores. Dos especies importantes de plantas

con propiedades insecticidas pertenecen a la familia de las Meliaceae; el árbol de Neem (*Azadirachta indica* L.) y el Neem chino o también llamado Paraíso (*Meliá Azedarach* L.) que es conocido por diversos nombres. Ambos son nativos de Asia y Austria meridional, se cultivan principalmente con fines ornamentales, desde el siglo XVII. En la actualidad estas especies se han naturalizado en diversos países tropicales y subtropicales (Martínez 1991; Villalobos 1996; Lizana D., et al 2005). La familia de las meliaceae, está compuesta por plantas leñosas. Las especies de esta familia producen un amplio rango de compuestos, entre ellos: flavonoides, cromenos, cumarinas, benzofuranos, monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos y triterpenos. La biodiversidad de las especies de meliaceae han sido estudiadas previamente otorgándole propiedades como insecticida, uterotónica, antibacteriana, antifúngica y antiviral (Hernández V., 2004). En la actualidad hay más de 120 plagas de insectos que son susceptibles a la actividad del Paraíso con la ventaja de que sus extractos son biodegradables, también se puede prevenir el ataque de plagas con un pretratamiento de las semillas a cultivar con aceite de Paraíso.

## JUSTIFICACIÓN

Los plaguicidas son productos químicos que se utilizan en la agricultura para proteger los cultivos contra insectos, hongos, malezas y otras plagas. Además de usarse en la agricultura, se emplean para controlar vectores de enfermedades tropicales, como los mosquitos, y así proteger la salud pública.

## CONTAMINACIÓN

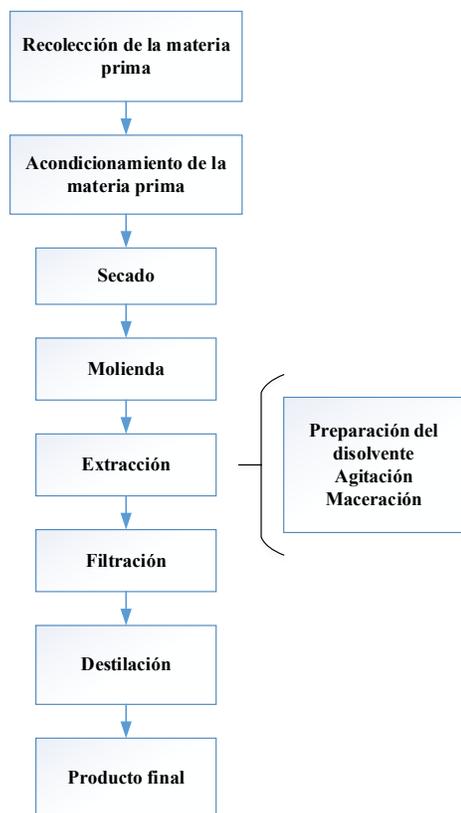
En el caso de los plaguicidas, en general, estos efectos son negativos y percibidos en la calidad de los componentes ambientales, sobre la salud y el bienestar de las poblaciones. Entre las propiedades de los plaguicidas; lo que hace que se les considere contaminantes ambientales son: la toxicidad, la estabilidad y la persistencia.

## MÉTODO

En la industria de insecticidas naturales, los residuos generados, como ser; cascara del fruto, hojas, ramas, pueden ser utilizados como abono. La presente investigación brinda una alternativa para el aprovechamiento del fruto

del Paraíso como insecticida natural, específicamente de la semilla, la parte experimental consiste en la extracción del extracto vegetal contenidos en la semilla del Paraíso. Para ello se utiliza el método de agitación con solvente empleando etanol en distintas concentraciones para determinar la concentración óptima en la extracción.

DIAGRAMA II-1 Proceso de obtención del extracto del paraíso



Fuente: Elaboración propia, 2016

El diseño experimental es una técnica estadística, que tiene por objeto definir el número de pruebas que se van a realizar en una investigación manipulando dos o más variables independiente del problema en estudio, de tal manera que sea posible observar los cambios que se producen en la variable respuesta.

Para llevar a cabo el diseño experimental se tomaron en cuenta las siguientes hipótesis:

- Existe diferencia en cuanto a los niveles de variación, en el tiempo de agitación.
- Existe diferencia en cuanto a los niveles de variación, en la concentración del disolvente.

- Existe variación en la interacción entre ambos factores.

Hipótesis: El tiempo de agitación del fruto triturado y la concentración del disolvente empleado en la extracción influye significativamente en el rendimiento del extracto del fruto del árbol del paraíso.

La siguiente relación representa el experimento factorial de 32 en el que hay dos variables cuantitativas, tiempo de agitación (T) y concentración de disolvente (C), la temperatura de extracción es constante. La variable respuesta es la cantidad de producto extraído.

- Factor tiempo (T) de agitación del fruto
- Factor concentración del disolvente (C)
- Variable respuesta rendimiento (R) de extracción en volumen

El número de experiencias realizadas es:

$$N_{exp} = N^{\circ \text{ de niveles}} \times N^{\circ \text{ de factores}} \times \text{repeticiones} = 3^2 = 9 \times 2 = 18$$

Los factores que se toman en cuenta se aprecian en la siguiente tabla:

TABLA II-2 Variables para la obtención del extracto del paraíso

Nivel	El tiempo de agitación (horas)	Concentración de disolvente (%)
Inferior	1	30
Medio	2	70
Superior	3	94

Fuente: Elaboración propia, 2015

## RESULTADOS

Para la recolección de datos, se seleccionó los valores promediados con los que obtuvieron el mejor rendimiento experimental, solo al 94% se obtuvo el aceite puro, las otras concentraciones obtuvieron un extracto denso.



FIGURA N° 1 Concentración optima al 94% de solvente



Se realizó la medida del contenido de humedad y otros parámetros de acuerdo al manual de manejo de los equipos agregado en anexos del presente proyecto.

TABLA III-2 Humedad del fruto del Paraíso

	Temperatura de secado (°C)	Peso de la muestra (g)	Tiempo de secado (min)	Humedad en % l
Fruto maduro	105	6,899	78,6	5,91
Fruto molido	105	5,002	18,6	3,67

Fuente: Elaboración propia, 2016.

El análisis físico-químico del aceite de paraíso obtenido de la semilla, se realizó en la ciudad de Buenos Aires en el vecino país de Argentina, por el Laboratorio CIC (Laboratorio de Análisis Cromatográficos), la documentación se adjunta en anexos.

El análisis de cromatografía de masas del aceite de paraíso obtenido de las semillas, se realizó en la ciudad de Buenos Aires en el vecino país de Argentina, por el Laboratorio CIC (Laboratorio de Análisis Cromatográficos), la documentación se adjunta en anexos.

Se identificaron 83 compuestos, muchos de ellos derivados del furfural, la muestra posee ácidos grasos principalmente palmítico, linoleico, linolénico, mono y diglicéridos, esteroides, terpenos y alcanos.

TABLA III-3 Resultados de Análisis de Laboratorio CIC

Propiedades	Resultados en aceite puro
Índice de acidez	4,8 mg KOH /g aceite
Índice de yodo	100,4 g I <sub>2</sub> /100g
Índice de saponificación	160 mg KOH/g aceite
Densidad	0,925 g/ml

Fuente: Laboratorio CIC, 2017.

TABLA III-4 Cromatografía de masas realizado por el Laboratorio CIC

Nº	COMPUESTO	Nº	COMPUESTO
1	Solvente	2	ácido 3-(Perhidro-5-oxo-2-furil)propionico
3	ácido acético	4	3,5-Dihidroxi-6-metil-2,3-dihidro-4H-piran-4-one
5	acetona alcohol	6	ácido benzoico
7	alcohol no identificado	8	3,5-Dihidroxi-2-metil-4H-piran-4-one
9	metil heptanol	10	5-Formil-2-furfurilmetanoato
11	Furanmetanol	12	5-Hydroxymethylfurfural
13	Furfural	14	HMF, otro nombre 5-Oxymethylfurfurole
15	metil furanona	16	posible naftalenol
17	alcohol furfurilico	18	trimetil octadecil ciclohexanona
19	etilenglicoldiacetato	20	Spathulenol
21	furfuril formiato	22	Dietilftalato
23	acetilfuran	24	no identificado similar Steviosido
25	no identificado posible alcohol	26	2-Furancarboxaldehido, 5-((acetiloxi)metil)
27	glicerol dietil eter	28	glucopiranosido no identificado
29	.gamma.-Butyrolactone	30	monoglicerido no identificado
31	.alpha.-Crotonolactone	32	posible Lactosa, .beta.-
33	ácido dimetil hexanoico	34	ácido palmitico
35	ciclopentanodiona	36	Etil 14-metil-hexadecanoato
37	metil furanona	38	5,5'-oxy-dimetilen-bis(2-furaldehido)
39	3-metil, 2,5-furandiona	40	ácido linoleico
41	5-metil, furfural	42	Linoleato de etilo
43	2,4-Dihidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona	44	ácido esteárico
45	Caproato de etilo	46	di n- octil ftalato
47	anhidrido glutaconico	48	diisocil ftalato
49	ácido heptanoico	50	hidrocarburo C19
51	metil ciclohexanona + maltol	52	Nonadecano
53	ácido metil etil butirico	54	hidrocarburo C20
55	furandicarboxaldehido	56	hidrocarburo cC20 isómero
57	2H)-Furanona, 4-hidroxi-2,5-dimetil ,otro nombre alletona	58	hidrocarburo C21
59	levoglucosenona	60	carotenoide no identificado
61	gama sitosterol	62	Docosano
63	28-Norolean-17-en-3-one	64	metil docosano
65	.Methyl 3-oxoolean-18-en-28-oate	66	Tricosano
67	o-acetil lupeol	68	hidrocarburo C24
69	betulol	70	hidrocarburo C25
71	esterol no identificado	72	hidrocarburo C25
73	esterol no identificado	74	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetato, (3.beta.)-
75	lycopeno	76	hidrocarburo C30
77	Pregnenolona acetato 20-etilen acetal	78	hidrocarburo C30 isomero
79	posible carotenoide	80	hidrocarburo C30 isomero
81	esterol no identificado	82	Spongesterol Spongestrin
83	11b-Dimetil-9-(2-metil-1,3-dioxolan-2-il) hexadecahidrociclopenta [1,2]fenantro[8a,9-b]oxiren-3-il acetato		

Fuente: Laboratorio CIC, Buenos Aires (Argentina) 2017.

## DISCUSIÓN

La hipótesis planteada fue acertada considerando que el tiempo de agitación del fruto triturado y la concentración del disolvente empleado en la extracción influye significativamente en el rendimiento del aceite del fruto del árbol del paraíso.

Las condiciones óptimas de extracción son; relación soluto: disolvente 1:1,5 temperatura 70°C y 50 minutos para el condensador, correspondientes a los niveles máximos de cada variable, con un tiempo de agitación de 3 horas para un íntimo contacto efectivo, con un rendimiento del 52,68 % para la obtención del aceite de Paraíso.

Al finalizar el proceso de obtención del extracto de paraíso se pudo determinar que con 30% de etanol se obtiene un extracto diluido fácil de mezclar en agua para el riego en los cultivos, al 70% la consistencia fue más espesa y al 94% se puede obtener aceite puro de semillas de Paraíso y extracto concentrado.

Al realizar el análisis cromatográfico del extracto concentrado de las semillas del fruto del Paraíso por el laboratorio CIC se pudo determinar 83 compuestos entre ellos ácidos grasos e hidrocarburos, dando valores similares según a la bibliografía consultada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Entre las más importantes paginas consultadas tenemos las siguientes:

1. AnsarMehmood. Phyto-mediated synthesis of silver nanoparticles from Melia Azedarach L. leaf extract: Characterization and antibacterial activity.Fecha de consulta 1 de septiembre de 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535213004164>
2. Aoudia H., 2012. Phenolics, antioxidant and anti inflammatory activities of Melia Azedarach extracts. Fecha de consulta 05 de junio, de 2015, de: [http://www.researchgate.net/publication/259008115\\_Phenolics\\_antioxidant\\_and\\_anti-inflammatory\\_activities\\_of\\_Melia\\_azedarach\\_extracts](http://www.researchgate.net/publication/259008115_Phenolics_antioxidant_and_anti-inflammatory_activities_of_Melia_azedarach_extracts)
3. Burks, k. 1997. Melia Azedarach fact sheet prepared by the bureau of aquatic plant management, department of environmental protection, state of florida, tallahassee, fl. 74 p. Fecha de consulta 11 de Abril de 2015, de: <http://plants.ifas.ufl.edu/node/266>
4. Carpinella, C., 2002. Potent limonoidinsectant-feedant from meliaAzedarach.66(8): 1731-1736. Fecha de consulta 11 de abril de 2015, de: [http://wiki.bugwood.org/Melia\\_azedarach](http://wiki.bugwood.org/Melia_azedarach)
5. Chantal Jazzar. The efficacy of enhanced aqueous extracts of Melia Azedarach leaves and fruits integrated with the *Camptotylusreuteri* releases against the sweetpotato whitefly nymphs.Fecha de consulta 1 de septiembre de 2016, de: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol56-2003-269-275jazzar.pdf>
6. Defago M., Melia Azedarach Extracts: A Potential Tool for Insect Pest Management.Fecha de consulta 1 de septiembre de 2016, de: <http://www.efn-uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg2/publicaciones/defago%20et%20al.pdf>
7. Huerta I., Actividad insecticida de extractos del fruto de Meliá Azedarach en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*, fecha de consulta 3 de abril de 2015. [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120365/HUERTA\\_Actividad\\_insecticida.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120365/HUERTA_Actividad_insecticida.pdf?sequence=1)
8. HyungChoi Won, 2016. La actividad anti-tuberculosa de Melia Azedarach L. y *Lobelia chinensis*Lour y su potencial como *Mycobacterium tuberculosis* anti agentes candidatos eficaces.Fecha de consulta 20 de agosto de 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.08.007>
9. Ibáñez F. y Zoppolo R., 2008, manejo de plagas en agricultura orgánica: extractos de “paraíso” para control de insectos. Fecha de consulta 1 de junio de 2015, de: <http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/Paraiso%20insecticida.pdf>
10. ItaloChiffelle G., 2011. Physical and chemical characterization of meliaAzedarach l. fruit and leaf for

- use as botanical insecticide. Fecha de consulta 5 de junio de 2015, de: <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v69n1/at05.pdf>
11. ItaloChiffelle, 2011. Antifeeding and insecticide properties of aqueous and Ethanolic fruit extracts from *Melia Azedarach* L. on the elm leaf beetle *Xanthogalerucaluteola* müller. Fecha de consulta 5 de junio de 2015, de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392011000200006&script=sci\\_art-text](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392011000200006&script=sci_art-text)
  12. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) 2011, Obtención, cuantificación y estandarización de extractos de paraíso (*Melia Azedarach*) para su potencial empleo como bioplaguicidas. Fecha de consulta 24 de agosto de 2016.
  13. INIA “las brujas” 2007-2008. Desarrollo y estandarización de biopesticidas a partir de la optimización de extractos de plantas, tomando como modelo el paraíso (*Melia Azedarach* L.). Fecha de consulta 24 de agosto de 2016. <http://manuelminteguiaga.blogspot.com/2013/10/obtencion-cuantificacion-y.html>
  14. Lizana D. Elaboración y evaluación de extractos del fruto de *Meliá Azedarach*. Como insecticida natural. Fecha de consulta 1 de abril de 2015, de: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/lizana\\_d/sources/lizana\\_d.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/lizana_d/sources/lizana_d.pdf)
  15. Vergara, R.; Escobar, C.; Galeano, P. 1997. Potencial insecticida de extractos de *Meliá Azedarach*. (Meliácea). Actividad biológica y efectos. Fecha de consulta 3 de abril. [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120365/HUERTA\\_Actividad\\_insecticida.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120365/HUERTA_Actividad_insecticida.pdf?sequence=1)
  16. Mohamad T. Published online 5 de Abril de 2013. Effect of *Meliá Azedarach* (Sapindales: Meliaceae) fruit extract on Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Fecha de consulta 15 de abril de 2016, de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3647093/>
  17. [17] Mohamed Farag, 2010. Repellent and Insecticidal Activities of *Melia Azedarach* L. against Cotton Leafworm, *Spodopteralittoralis* (Boisd.). Fecha de consulta 10 de septiembre de 2016. <http://www.znaturforsch.com/s66c/s66c0129.pdf>
  18. Petrerá I. (2007). Acción dual de meliacina, un compuesto aislado de *Meliá Azedarach*., como agente antiherpético e inductor de citoquinas. Fecha de consulta 1 de abril de 2016, de: [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_4153\\_Petrera.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4153_Petrera.pdf)
  19. Padrón, B. Oranday, A.; Rivas, C.; Verde M. 2003. Identificación de compuestos de *Meliá Azedarach*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum zeylanicum* con efecto inhibitorio sobre bacterias y hongos. Fecha de consulta 6 de abril de 2015, de: [http://eprints.uanl.mx/1407/1/identificacion\\_de\\_compuestos.pdf](http://eprints.uanl.mx/1407/1/identificacion_de_compuestos.pdf)
  20. Valladares G, Garbin L., Defago M., Carpinella C. y Palacios S., (2003). Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Meliá Azedarach* (meliaceae). Fecha de consulta 3 de abril de 2016, de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v62n1-2/v62n1-2a08.pdf>
  21. XanthoGaleuca. Antifeeding and insecticide properties of aqueous and ethanolic fruit extracts from *Melia Azedarach* L. on the elm leaf beetle. Fecha de consulta 18 de septiembre de 2016, de: <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v71n2/at06.pdf>
  22. Won Hyung Choi, In Ah Lee. The anti-tubercular activity of *Melia Azedarach* L. and *Lobelia chinensis* Lour and their potential as effective anti-*Mycobacterium tuberculosis* candidate agents. Fecha de consulta 14 de septiembre de 2016, de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S222116911630140X>

## OBTENCIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO CON APLICACION DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

### OBTAINING DIGITAL TERRAIN MODELS WITH APPLICATION OF NON-CREATED AIR VEHICLES

CHAVEZ CALLA OSCAR MARCELO<sup>1</sup> GUDIÑO APARICIO JUAN CARLOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente Dpto. de Topografía y Vías de Comunicación. Facultad de Ciencias y Tecnología UAJMS.

<sup>2</sup>Investigador Junior Facultad de Ciencias y Tecnología UAJMS

**Correo electrónico:** omarcelchavez@gmail.

**Dirección de Correspondencia:** Barrió 15 de Abril Calle Carapari N° 718

#### RESUMEN

Solamente la idea de poder sobrevolar una extensión determinada para obtener imágenes y posteriormente poder digitalizar el modelo para obtener la geometría y los elementos de dicha extensión hace que esta técnica sea de gran aporte dentro de la ingeniería.

El presente trabajo de investigación, pretende realizar un estudio comparativo utilizando dos procedimientos diferentes para la obtención de modelos digitales del terreno. Por un lado, realizando un levantamiento de una zona determinada mediante estación total y por otro lado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado.

La necesidad de obtener modelos digitales del terreno en tiempos muy cortos hace que la presente investigación pueda llegar a de sus primeros frutos en nuestro medio en esta nueva técnica. Puesto que este instrumento ha existido siempre, es evidente que en cada época el avance de las distintas metodologías y tecnologías para la producción cartográfica es mayor.

#### PALABRAS CLAVES

Modelos Digitales, Vehículo aéreo no tripulado.

#### ABSTRACT

Only the idea of being able to fly over a certain extension to obtain images and then be able to digitize the model to obtain the geometry and the elements of this extension makes this technique a great contribution within engineering.

The present research work, aims to perform a comparative study using two different procedures for obtaining digital terrain models. On the one hand, making a survey of a specific area by total station and on the other hand by aerial photogrammetry using an unmanned aerial vehicle.

The need to obtain digital models of the terrain in very short times means that this research can reach its first fruits in our environment in this new technique. Since this instrument has always existed, it is evident that in each era the advance of the different methodologies and technologies for cartographic production is greater.

#### KEYWORDS

Digital Models, Unmanned aerial vehicle.

#### INTRODUCCIÓN

El campo de uso cada vez es mayor de Unmanned Aircraft Systems (UAS), Unmanned Air Vehicle (UAV) o como se los denomina drones, aeronaves no tripuladas que varían de acuerdo a su peso, la industria y sus dimensiones.

El uso de los Drones no es nuevo, pues ya en 1917, hace casi un siglo, el controvertido ingeniero inglés Archibald Low (1888 – 1956) demostró ser capaz de controlar un pequeño y novedoso prototipo de biplano guiado por radio. Posteriormente en la década de los años 60 durante la guerra de Vietnam, se utilizaron por el ejército estadounidense vehículos controlados para volar, repetidamente y en trayectorias circulares definidas previamente, sobre el campo enemigo captando imágenes. Es en esta época cuando se populariza la pala-

bra drone en inglés, cuyas traducciones al español son: zángano – macho de la abeja melera o algo repetitivo y monótono. (Madrid, 2015)

En la actualidad dentro de las principales aplicaciones de la aeronave no tripulada o dron en el área de la ingeniería, tenemos la fotogrametría aérea, que tiene como objetivo principal la adquisición de imágenes aéreas y captura de datos, de rápida y de más calidad tratándose de un sistema novedoso dentro de las obras de ingeniería civil.

De esta forma es que se plantea un estudio fotogramétrico a partir de la utilización de dron, relacionándolo con los datos obtenidos con un levantamiento topográfico con una estación total.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El principal instrumento utilizado en la presente investigación, fue el Vehículo aéreo no tripulado Phantom 3 Profesional que representa a la generación de quadrópteros de DJI, con el que se pudo obtener los datos de vuelo y las imágenes recogidas de la zona de estudio para generar la fotogrametría a través de software especializado donde se produce nubes de puntos 3D, ortofotos y modelos digitales de superficie, el cual permite mostrar imágenes de gran tamaño y generar mosaicos de forma automática.

Imagen 1: Dron DJI - Phantom 3 Profesional



Principales Característica de la Aeronave:

Aeronave	
Peso (batería y hélices incluidas)	1280 g
Velocidad de ascenso máx.	5 m/s
Velocidad de descenso máx.	3 m/s
Velocidad máx.	16 m/s (modo ATTI, sin viento)
Altitud de vuelo máx.	6000 m
Tiempo de vuelo máx.	23 minutos aprox.
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 40 °C
Modo GPS	GPS/GLONASS

Principales Características de la Cámara:

Cámara	
Sensor	Sony EXMOR 1/2.3" Píxeles efectivos: 12,4 M (píxeles totales: 12,76 M)
Objetivo.	FOV 94° 20 mm (equivalente a formato de 35 mm) f/2,8
Intervalo de ISO	100-3200 (vídeo) 100-1600 (fotos)
Velocidad obturador electrónico	8 s -1/8000 s
Tamaño máx. imagen	4000 x 3000
Modos de fotografía fija	Disparo único Disparo en ráfagas: 3/5/7 fotogramas
Tipos de tarjetas SD admitidas	MicroSD
Capacidad máx.	64 GB Se necesita clasificación clase 10 o UHS-1
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 40 °C

Principales Característica del Control Remoto:

Control Remoto	
Frecuencia de funcionamiento	2400 GHz-2483 GHz
Distancia de transmisión	2000 m (exteriores y sin obstrucciones)
Puerto de salida de vídeo	USB
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 40 °C
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Soporte para dispositivo móvil	Tabletas y teléfonos inteligentes
Potencia de transmisión (EIRP)	FCC: 20 dbm; CE:16 dbm
Voltaje de funcionamiento	1,2 A a 7,4 V

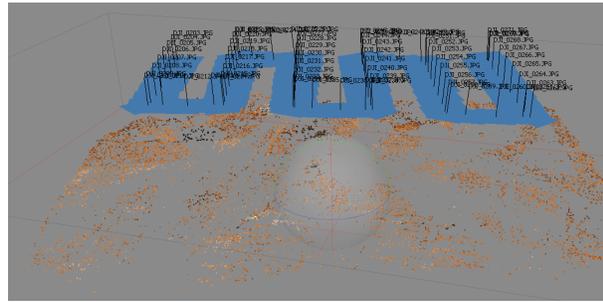
El método empleado para la realización experimental se describe a continuación.

La toma de datos topográficos consistió por una parte en la medición de las zonas de control necesarias para realizar el levantamiento taquimétrico, y por otra, en la obtención de las coordenadas de los puntos de control sobre el terreno necesarios para realizar la Aero triangulación identificando en las fotografías dichos puntos. Los puntos deberán tener posición planimetría y altimétrica para poder hacer el modelo digital del terreno.

Para la obtención de los puntos identificados posteriormente en las fotografías, se colocaron 12 cartones que se tomaron como puntos de control.

El software nos permite observar el vuelo en tres dimensiones.

Imagen 1. Nube de Puntos Densa y Posición de Levantamiento



Una vez que se realiza el ajuste de imágenes con referencia a la zona y al hemisferio que se encuentra la zona de estudio, se genera los productos buscados.

Se generan Modelo 3D, DSM de raster y el ortomosaico.

Imagen 2. Ortomosaico

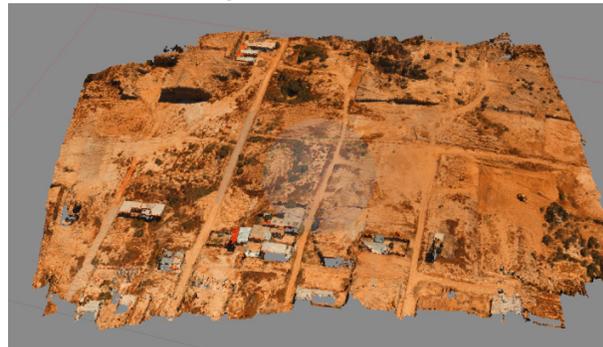
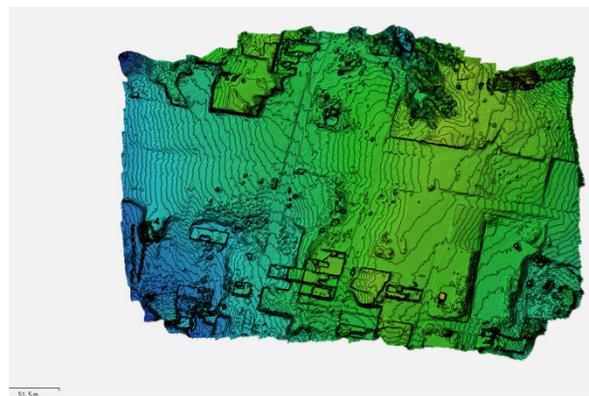


Imagen 3. DSM Raster



Concluyendo en la generación de las curvas de nivel

Imagen 4 Curvas de Nivel



**RESULTADOS**

Se ha realizado un estudio comparativo entre las diferencias de coordenadas E, N y Z (Este, Norte y Elevación) obtenidas con un equipo Phantom 3 Profesional a 80 metros de altura sobre el terreno y el levantamiento topográfico con la estación total. Todos ellos en huso UTM 20K Sur.

Los datos obtenidos con el equipo de la estación total, así como las coordenadas de los puntos de apoyo para el vuelo fueron realizados en diferentes jornadas de trabajo. Se tuvo en cuenta la toma de puntos comunes necesarios a la hora de realizar el estudio comparativo.

La metodología empleada en el vuelo con el Phantom 3 Profesional consiste en una distribución de los cartones de 50 cm x 50 cm en la zona medida, así como la posterior recogida de las mismas. Por este motivo, la colocación y el retiro de los cartones debe ser exactamente igual en ambos métodos.

Imagen 1. Puntos de Control



A continuación se muestra los datos de Puntos Obtenidos con Estación Total y los datos Obtenidos con el dron DJI – Phantom 3 PRO a 80 metros de altura de vuelo

Tabla 1. Datos obtenidos con Estación Total

PUNTO	COORDENADA UTM ESTE	COORDENADA UTM NORTE	ELEVACIÓN
R1	323228.4860	7620312.2540	1947.3600
R2	323256.0537	7620335.9037	1948.0349
T1	323192.7000	7620381.7144	1943.0735
T2	323111.0819	7620368.2466	1938.6777
T3	323063.8220	7620311.1483	1933.7845
T4	323207.3118	7620328.6220	1944.2361
T5	323182.4645	7620276.9312	1943.9404
T6	323255.7890	7620248.6952	1945.9768
T7	323277.4587	7620262.7187	1945.9595
T8	323332.8909	7620312.5587	1943.7698
T9	323252.0698	7620356.9506	1948.2145
T10	323229.3036	7620359.1329	1946.7607

Tabla 2. Datos Obtenidos con el dron DJI – Phantom 3 PRO a 80 metros de altura de vuelo

PUNTO	COORDENADA UTM ESTE	COORDENADA UTM NORTE	ELEVACIÓN
R1	323228.470	7620312.256	1947.386
R2	323255.980	7620335.896	1948.078
T1	323192.680	7620381.675	1943.033
T2	323110.975	7620368.252	1938.658
T3	323063.815	7620311.220	1933.812
T4	323207.424	7620328.592	1944.225
T5	323182.480	7620276.886	1943.992
T6	323255.800	7620248.655	1945.971
T7	323278.000	7620262.696	1945.969
T8	323332.960	7620312.616	1943.802
T9	323252.020	7620356.955	1948.261
T10	323229.248	7620359.176	1946.747

## DISCUSIÓN

Realizando una evaluación de los datos obtenidos recolectados con los equipos propuestos se puede establecer que:

Tabla 3. Diferencia en la Coordenada UTM Este

PUNTO	COORDENADA UTM ESTE ESTACIÓN TOTAL	COORDENADA UTM ESTE DRON DJI PHANTOM 3	DIFERENCIA
R1	323228.4860	323228.470	0.016
R2	323256.0537	323255.980	0.074
T1	323192.7000	323192.680	0.020
T2	323111.0819	323110.975	0.107
T3	323063.8220	323063.815	0.008
T4	323207.3118	323207.424	-0.112
T5	323182.4645	323182.480	-0.016
T6	323255.7890	323255.800	-0.011
T7	323277.4587	323278.000	-0.541
T8	323332.8909	323332.960	-0.069
T9	323252.0698	323252.020	0.050
T10	323229.3036	323229.248	0.055

Tabla 4. Diferencia en la Coordenada UTM Norte

PUNTO	COORDENADA UTM NORTE ESTACIÓN TOTAL	COORDENADA UTM NORTE DRON DJI PHANTOM 3	DIFERENCIA
R1	7620312.2540	7620312.256	-0.002
R2	7620335.9037	7620335.896	0.008
T1	7620381.7144	7620381.675	0.039
T2	7620368.2466	7620368.252	-0.006
T3	7620311.1483	7620311.220	-0.072
T4	7620328.6220	7620328.592	0.030
T5	7620276.9312	7620276.886	0.045
T6	7620248.6952	7620248.655	0.040
T7	7620262.7187	7620262.696	0.023
T8	7620312.5587	7620312.616	-0.057
T9	7620356.9506	7620356.955	-0.005
T10	7620359.1329	7620359.176	-0.043

Tabla 5. Diferencia en la Coordenada UTM Elevación

PUNTO	COORDENADA UTM ESTE ESTACIÓN TOTAL	COORDENADA UTM ESTE DRON DJI PHANTOM 3	DIFERENCIA
R1	1947.3600	1947.386	-0.0260
R2	1948.0349	1948.078	-0.0431
T1	1943.0735	1943.033	0.0405
T2	1938.6777	1938.658	0.0197
T3	1933.7845	1933.812	-0.0275
T4	1944.2361	1944.225	0.0111
T5	1943.9404	1943.992	-0.0516
T6	1945.9768	1945.971	0.0058
T7	1945.9595	1945.969	-0.0095
T8	1943.7698	1943.802	-0.0322
T9	1948.2145	1948.261	-0.0465
T10	1946.7607	1946.747	0.0137

Partiendo de los valores obtenidos tanto de la estación total como del Vehículo aéreo no tripulado Phantom 3 Profesional apoyado en el software, se comprueba que los valores de las coordenadas está relacionado uno con el otro con pequeñas variaciones especialmente en la coordenada UTM Este en el punto T2 con una diferencia de 0.107 y el punto T7 con una variación de -0.541.

Se concluye que una de las posibles causas para que los resultados obtenidos por ambas metodologías es la resolución que está definida por los pixel que es la unidad más pequeña de una imagen digital y que forman la imagen. La obtención de modelos digitales con el uso de Unmanned Air Vehicle (UAV) o como se los denomina drones dentro de la ingeniería civil, tiene un campo de acción extenso entre los que podemos indicar el control de obras, evaluación del impacto de obras, GIS, en Agricultura para identificar tipos de cultivo, recuento de plantas y otros, por lo antes mencionado es importante su desarrollo en nuestro medio,

## BIBLIOGRAFÍA

- García Gómez, A. (7 de Octubre de 2014). Los “drones” revolucionan la topografía. Recuperado el 10 de Junio de 2018, de Ferroviaal blog: <https://blog.ferrovial.com/es/2014/10/los-drones-revolucionan-la-topografia/>
- Madrid, F. d. (2015). [www.fenercom.com](http://www.fenercom.com). Recuperado el 4 de Mayo de 2018
- Montero, J. (2016). Con el eBee en 40 minutos estamos cubriendo el trabajo de un mes. TODRO-NE, <https://www.todrone.com/drones-en-topografia/>.
- Puerta Colorado, C. A. (2015). Tecnología Drone en Levantamientos Topográficos . Recuperado el 13 de Junio de 2018, de Escuela de Ingenieros Militares Facultad de Ingenieria Civil a Distancia Bogota: [http://www.academia.edu/19589719/TECNOLOG%C3%8DA\\_DRONE\\_EN\\_LEVANTAMIENTOS\\_TOPOGR%C3%81FICOS](http://www.academia.edu/19589719/TECNOLOG%C3%8DA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS)

## POTENCIAL DE COLAPSO EN SUELOS LIMOSOS POTENTIAL FOR COLLAPSE IN SILTY SOILS

ALMENDRAS SARAVIA ARMANDO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales - Carrera de Ing. Civil  
Facultad de Ciencias y Tecnología

Correo electrónico: almendrasmito@gmail.com

### RESUMEN

Analizar los asentamientos de una construcción resulta de vital importancia en el proceso de diseño de una obra civil, en función de la apariencia, la funcionalidad y el daño estructural. Una de las causas principales de daño estructural en las obras civiles, son los suelos no saturados ubicados en las formaciones geológicas de regiones áridas y semiáridas.

Los fenómenos más característicos del comportamiento del suelo no saturado se relacionan con sus deformaciones volumétricas al ser sometidos al incremento del grado de saturación, estas deformaciones pueden ser tanto positivas, en cuyo caso se produce un colapso, como negativas, en cuyo caso se produce un hinchamiento.

Gran parte de los suelos identificados como colapsables, están compuestos por los sedimentarios de origen eólico (loess), cuyas características son: composición granulométrica que consiste en arena, limos, partículas arcillosas; la fracción gruesa tiene baja coordinación, la fracción arcillosa forma puentes de conexión entre partículas gruesas y contrafuertes de arcilla en los contactos entre limos y arenas.

La consecuencia de un suelo de este tipo como terreno de fundación es el colapso, que es la repentina disminución de volumen del suelo debido a un incremento del contenido de humedad que ocasiona una pérdida rápida de resistencia de la estructura del suelo, la cual se debe a un reajuste estructural interno por la pérdida de los conectores entre partículas y la fuerza de succión. El comportamiento de estos suelos colapsables no ha sido posible explicar a través de la mecánica de suelos clásica. Sin embargo, las in-

vestigaciones han determinado que el comportamiento volumétrico adquiere gran relevancia en la experimentación de suelos parcialmente saturados. De las técnicas de experimentación, las más destacadas para determinar la magnitud del colapso son de Jennings, J. y Knight, K. (1975); y posteriormente es modificado por Houston, S. et al. (1986). Donde la propuesta de Houston, S. et al. (1986) de cierta manera sirvió para desarrollar la norma ASTM D-5333, la misma que será utilizada y aplicada en este trabajo de investigación.

### PALABRAS CLAVE

Limo, Loess, Colapso.

### ABSTRACT

Analyzing the settlements of a building is of vital importance in the process of designing a civil work, depending on the appearance, functionality and structural damage. One of the main causes of structural damage in civil works are unsaturated soils located in the geological formations of arid and semi-arid regions.

The most characteristic phenomena of unsaturated soil behavior are related to their volumetric deformations when subjected to the increase in the degree of saturation, these deformations can be both positive, in which case a collapse occurs, and negative, in which case there is a swelling

A large part of the soils identified as collapsible are composed of sediments of wind origin (loess), whose characteristics are: granulometric composition consisting of sand, silt, clay particles; the coarse fraction has low coordination, the clayey fraction forms connection bridges between coarse particles and clay butresses in the contacts between silt and sand.

The consequence of a soil of this type as a foundation soil is collapse, which is the sudden decrease in soil volume due to an increase in moisture content that causes a rapid loss of soil structure resistance, which must be to an internal structural rearrangement due to the loss of the connectors between particles and the suction force. The behavior of these collapsible soils has not been possible to explain through classical soil mechanics. However, research has determined that the volumetric behavior acquires great relevance in the experimentation of partially saturated soils. Of the experimental techniques, the most outstanding to determine the magnitude of the collapse are Jennings, J. and Knight, K. (1975); and subsequently modified by Houston, S. et al. (1986). Where the proposal of Houston, S. et al. (1986) in a certain way served to develop the ASTM D-5333 standard, which will be used and applied in this research work.

## KEYWORDS

Loess, Collapse.

## INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la historia de la humanidad, el suelo ha estado en estrecha relación con la vida del hombre, con el surgimiento de construcciones cada vez de mayor magnitud; de ahí que la necesidad de comprender el comportamiento de los suelos surgió en muchos países, a menudo como resultado de algunos accidentes considerables, tales como los fracasos de las fundaciones por falla del suelo de fundación y no brindar un sistema de apoyo estable; pero fue recién a principios del siglo XIX que la importancia y dimensiones de las edificaciones exigió un mayor conocimiento de las propiedades y características del suelo, de modo de poder utilizar mejor su capacidad portante y controlar el fenómeno del asentamiento.

A comienzos del siglo XX se intensificaron las investigaciones sobre el tema, y los trabajos de Boussinesq en Francia y especialmente Karl Terzaghi en Alemania y los Estados Unidos, abrieron nuevos horizontes en la materia, permitiendo su evolución y perfeccionamiento, de modo de admitir una mayor y más amplia utilización de los logros científicos alcanzados.

De esta manera, la mecánica de suelos se ha transformado en la herramienta esencial que permite un correcto diseño de las fundaciones de todo tipo de obras civiles.

En este caso el problema de asentamiento de las construcciones, es analizado desde un enfoque geotécnico, las características naturales del suelo, teniendo en cuenta que el terreno sobre el cual descansa cada obra es esencialmente único de acuerdo a las condiciones geológicas de formación. Es en ese sentido que el ingeniero civil constantemente se enfrenta a diversos problemas surgidos por el tipo de suelo con el cual tratará, el suelo es lo que soportará el peso de una construcción, y si este no cumple con ese objetivo, la obra sufrirá problemas de hundimientos y agrietamientos.

En consecuencia teniendo en cuenta los daños que podría sufrir una construcción debido al asentamiento del suelo de fundación, se analizara el fenómeno que se conoce como colapso de los suelos, que consiste en una pérdida muy rápida de volumen del suelo, que se traduce en una importante subsidencia superficial, asociada también a una pérdida rápida de resistencia y a un desmoronamiento estructural interno, todo lo cual tiene lugar en el momento en que el suelo absorbe cantidades importantes de agua.

Este fenómeno se ha presentado mucho en los depósitos eólicos, aunque también existen referencias sobre los depósitos residuales e inclusive algunos formados por el mismo hombre, en zonas donde es frecuente la desecación continua y se ha aplicado un cambio brusco de humedecimiento y saturación parcial del suelo.

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### OBJETIVO GENERAL

Analizar el potencial de colapso en suelos limosos, considerando las propiedades que generan el fenómeno, mediante la norma ASTM D-5333.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades del suelo colapsable.
- Describir el fenómeno del colapso en suelos limos.
- Aplicar la norma ASTM D-5333.

## CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

### ORIGEN SUELOS NO SATURADOS

Teniendo en cuenta su origen, los suelos parcialmente saturados pueden ser naturales o artificiales. Respecto a los primeros se tiene una gran variedad de ejemplos tanto en suelos sedimentarios (eólicos, aluviales, coluviales, etc.), como en suelos residuales lateríticos y saprolíticos.

Gran parte de los suelos sedimentarios se han depositado en ambientes acuosos, quedando inicialmente saturados y posteriormente desecados debido a las circunstancias ambientales. Estos suelos abundan en lugares de clima árido y semi-árido, donde las estaciones son muy marcadas con periodos secos prolongados.

Respecto a los suelos identificados como potencialmente colapsables, estos tienen origen bastante variable. Aunque los más extendidos son los de origen eólico (loess y arena eólica), también se han observado colapsos en suelos aluviales, coluviales, residuales o en rellenos compactados (Dudley, 1970). La sensibilidad al colapso es graduada según el tipo de depósito, de tal forma que los suelos de origen eólico son, en general más propensos al colapso que los aluviales. De manera general se observa que el origen de un suelo es de poca ayuda para conocer su potencialidad de colapso. Aitchison (1973) indica que es inadecuado en definir un suelo como colapsable, sin que antes se haya definido una estructura que a su vez depende de la porosimetría, del grado de saturación y del estado tensional a que este sometido. (Barrera, 2002)

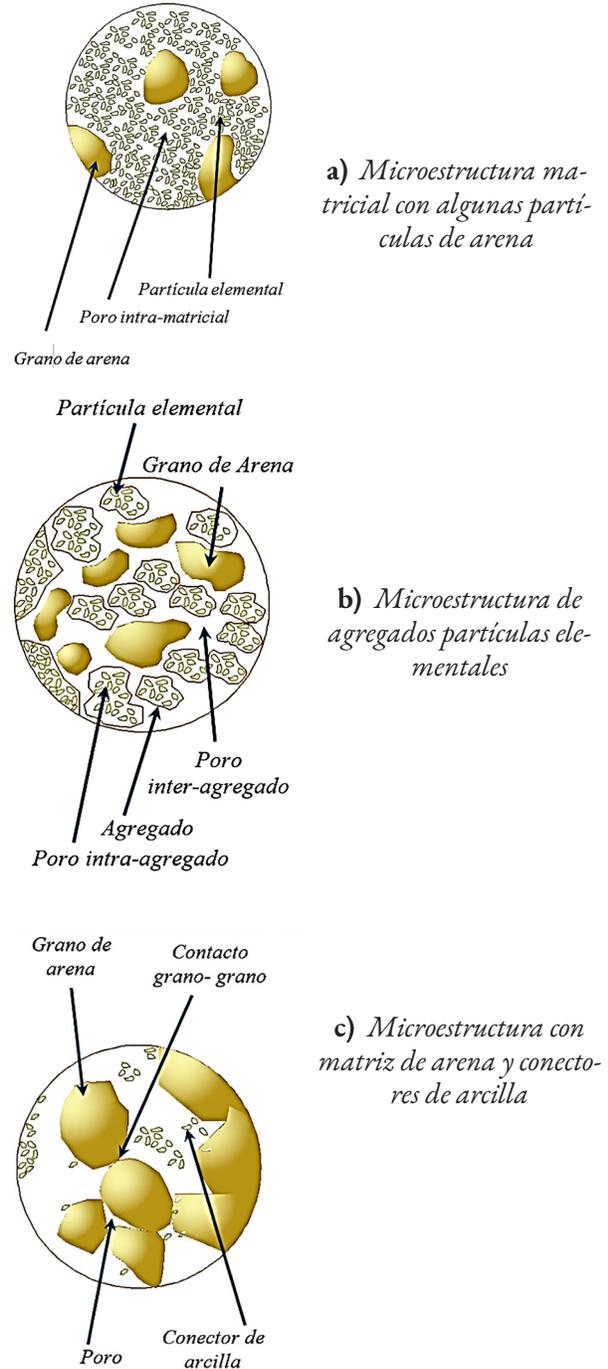
### ESTRUCTURA DE LOS SUELOS

La estructura de un suelo es la distribución y ordenamiento de las partículas que la componen, dando como resultado una disposición final de las partículas que dan lugar al conjunto llamado suelo. La estructura interna que presentan los suelos es un aspecto de gran importancia en el comportamiento mecánico de éstos.

En la actualidad se considera la estructura interna del suelo, de forma simplificada, teniendo en cuenta tres tipos de elementos (Alonso et al., 1987, citado en Barrera, 2002) que son: partículas elementales, agregados de partículas, y poros.

A partir de estos elementos se pueden establecer tres estructuras fundamentales que simplifican el conjunto de todas las estructuras posibles, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 1. Estructura del suelo no saturado.



Los suelos que tienen tendencia a colapsar, suelen presentar microestructura de agregados, o matriz de agregados con conectores de arcilla. Cuando cargamos un suelo con matriz de agregados con conectores de arcilla, al mojarlo los contactos entre agregados o entre granos de arena, se rompen de modo que los agregados pasan a ocupar el vacío de los poros, y el suelo colapsa irreversiblemente.

## FENÓMENO DEL COLAPSO

Aunque en un sentido general se puede denominar colapso a cualquier proceso de aumento de la deformación volumétrica, este término se utiliza aquí expresamente para la reducción de volumen irrecuperable producido por el aumento del grado de saturación del suelo manteniendo constante el estado de esfuerzo exterior. Esta definición diferencia claramente al colapso de las deformaciones producidas, por ejemplo, al incrementar dichos esfuerzos exteriores, y específicamente de la consolidación. Respecto a esta última cabe decir, además, que mientras en ella se producen flujos de expulsión de agua, y en su caso aire, en el colapso existe en muchos casos absorción de agua. A veces a este mismo fenómeno se le denomina con otros términos como subsidencia, hidrocompactación o hidroconsolidación.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el colapso es uno de los fenómenos más característicos de los suelos parcialmente saturados y ha sido estudiado por numerosos autores, entre los que se pueden mencionar Dudley (1970), Jiménez Salas et al., (1973), Maswoswe (1985), citados en Barrera, 2002, entre otros, que exponen las características que debe tener un suelo para que en él ocurra un colapso:

- Estructura abierta, no saturada, tipo microestructura de agregados, o con conectores de arcilla, capaz de reducir significativamente su volumen a expensas de una disminución del volumen de poros.
- Un estado exterior de carga suficientemente grande como para generar una condición metaestable para la succión aplicada. De acuerdo con Frankie, (2002), se denominan con el apelativo de metaestables a los suelos que son susceptibles de manifes-

tar una variación en su estado de tensiones o en su estructura (provocando una deformación) sin que para ello sea necesaria la aplicación de una fuerza externa. Las condiciones de contorno que varían, en tal caso, se asocian a la humedad del terreno, bien por pérdida o por incremento de la misma.

- La existencia de enlaces entre partículas, que se debiliten en presencia del agua.
- En el año 2007, Redolfi, realizó una publicación donde añade una característica más señalada por Reginatto (1977): Granulometría predominantemente fina, con predominio de fracciones de limos y de arcilla. El tamaño de los granos es generalmente poco distribuido y con los granos más grandes escasamente meteorizados. La mayoría de las veces, la cantidad de la fracción arcilla es relativamente escasa, pero sin embargo, tiene una influencia importante en el comportamiento mecánico de la estructura intergranular.

A efectos de definir y diferenciar los distintos tipos de colapso Uriel y Serrano (1973,1974) citados en Redolfi, (2007), clasifican a los suelos colapsables o desmoronables en:

**Grupo I:** Suelos en los que tiene lugar un rápido cambio de la relación entre presiones efectivas y las deformaciones sin que se alcance la resistencia última del material. De acuerdo con esto la causa del colapso es únicamente el cambio de las presiones efectivas. Cuando se ensaya a humedad constante, se detecta una notable modificación de su módulo de compresibilidad al alcanzar un cierto valor las presiones efectivas.

**Grupo II:** Suelos en los que, sin la presencia o cambio de las condiciones que producen el colapso, no hay cambio abrupto en la relación presión-deformación. Si se ensayan a humedad constante, la relación tensión-deformaciones es una curva suave y continua y sin agudos quiebros. La saturación produce, sin embargo, un importante cambio volumétrico, debido probablemente a un incremento de la presión de los poros que

origina el agotamiento de la resistencia al corte del suelo.

Reginatto, A. (1977) citado en Fernández, (1998), a fin de diferenciar el fenómeno del colapso con el fenómeno de consolidación donde también existe disminución de volumen, estableció la Tabla 1, mostrando que en muchos aspectos el colapso y la consolidación son opuestos.

Tabla 1. Comparación entre parámetros de colapso y consolidación.

PROPIEDADES	COLAPSO	CONSOLIDACIÓN
Grado de saturación inicial	No saturado	Saturado
Relación de vacíos	Alta	Alta
Flujo de agua en el fenómeno	Absorción	Expulsión
Presión intersticial	Tiende a disiparse	Aumenta rápidamente
Duración (laboratorio)	10 a 20 minutos	Horas/días
Resistencia al corte antes del fenómeno	Alta	Baja
Resistencia al corte después del fenómeno	Baja	Alta

Fuente: Fernández S., E. A. (1998) citado en Fernández, (1998)

### SUELOS COLAPSABLES POR HUMEDECIMIENTO

Establecida la definición general de colapso, nuestro análisis se centrará en aquellos suelos en los cuales el colapso de la estructura del suelo es provocado por un incremento del contenido de humedad (Grupo II).

El colapso se produce cuando el suelo, que es estable frente a las cargas exteriores que soporta debido a la existencia de enlaces suficientemente fuertes entre sus partículas, pierde la acción de estos enlaces al aumentar el grado de saturación. El origen de estos enlaces temporales puede ser diverso, se puede destacar los siguientes tipos (figura 2):

Figura 2. Enlaces temporales entre partículas cuya desaparición puede provocar el colapso.



- Enlace capilar que se presenta fundamentalmente en el caso de limos y arenas. Los meniscos que se forman en la interfase (aire-agua-partículas sólidas), generan fuerzas normales que aumentan las tensiones entre dichas partículas, rigidizando el conjunto. En el caso de las arcillas este fenómeno no es tan claro a nivel de partículas aunque es probable que ocurra a nivel de agrupaciones más grandes de las mismas. En cualquier caso si el grado de saturación crece por aumento de la humedad o por reducción del índice de vacíos, estos enlaces desaparecen con lo que el conjunto se debilita pudiendo llegar al colapso si la presión exterior aplicada es suficientemente grande.
- Enlaces por puentes de partículas arcillosas. En el caso de arena y limos, la existencia de partículas arcillosas en estado desecado en los contactos puede contribuir a la estabilidad de la estructura del suelo. Estas partículas arcillosas pueden estar presentes desde la formación del suelo, haber sido transportadas o ser autogénicas, siendo producidas en este último caso, por ejemplo, por la reacción entre el agua intersticial o procedente de la lluvia, y feldspatos existentes en el suelo. La disposición de las partículas de arcilla autogénicas puede ser paralela, cara contra cara, alrededor de las partículas de arena o limo, aunque esta ordenación depende de la estructura cristalina original de las partículas. Sin embargo en general el ordenamiento es floculado, tal como indica Knight citado por Dudley. En el caso de ordenamientos paralelos, posibles humedecimientos sin lavado

de las partículas arcillosas pueden llevar también a estructuras floculadas debido a que en el proceso de secado la concentración creciente de iones disueltos provocan este ordenamiento. En realidad la estructura final de las arcillas depende de muy diversos factores como son el propio origen de las partículas, concentración de sales, el índice de poros dentro de la estructura de la arcilla, o la temperatura. Estos puentes de arcilla que pueden aportar una resistencia adicional al suelo pueden perderse al humedecerse o ser lavados si aumenta el grado de saturación, produciéndose el colapso.

En todos los enlaces descritos la llegada del agua causa el mismo efecto: reducción de la resistencia al corte en los contactos entre partículas sólidas. Si esta resistencia cae por debajo del esfuerzo impuesto por las cargas exteriores aplicadas se produce el colapso que conduce a una nueva estructura capaz de resistir el nuevo estado de esfuerzos. Una vez que ha ocurrido el colapso la nueva estructura del suelo es estable y es incapaz de sufrir nuevos colapso a menos que cambie el estado de esfuerzos existente y/o el grado de saturación.

### COMPORTAMIENTO DE SUELOS COLAPSABLES CON CARGA APLICADA

Debido a la importancia que presenta el suelo como material estructural, el análisis de su comportamiento con base en la presión vertical aplicada resulta de suma importancia, especialmente en lo que se refiere al potencial de colapso.

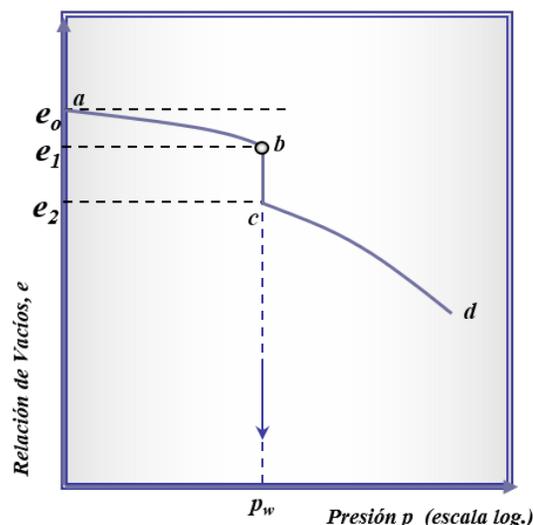
El comportamiento de los suelos colapsables bajo cargas estructurales aplicadas, se resume en la figura 3, correspondiente al vínculo entre la relación de vacíos y la presión externa.

El tramo de curva a-b, se determina a partir de la prueba de consolidación sobre un espécimen con su contenido de humedad natural. Nótese que a la presión vertical  $P_w$  (presión arbitraria), la relación de vacíos de equilibrio es  $e_1$ .

Sin embargo, si se inicia un proceso de saturación de la muestra ensayada, la estructura del suelo colapsará.

Después de la saturación, la relación de vacíos de equilibrio a la misma presión  $P_w$ , es  $e_2$ . La curva c-d es la rama de la curva e-log P bajo carga adicional después de la saturación (Das, 2012).

Figura 3. Variación de la relación de vacíos ( $e$ ) con la presión ( $P$ ) para un suelo colapsable.



### MÉTODOS PARA EVALUAR EL COLAPSO

El método de Jennings, J. y Knight, K. (1975), es una técnica que utiliza la prueba del edómetro para proporcionar información cualitativa y cuantitativa sobre el potencial de colapso de un suelo. Este método puede ser usado para evaluar la respuesta de un suelo al humedecimiento y cargas con diferentes niveles de esfuerzos. La técnica del laboratorio consiste en dos pruebas edométricas con muestras similares, una ensayada a humedad natural y otra en condición saturada, para conocer la diferencia de asentamiento por humedecimiento para cualquier esfuerzo.

Una variación del método del doble edómetro fue desarrollado por Houston, S. et al. (1986). La técnica consiste en usar un sólo edómetro. La muestra de suelo se somete a carga con su humedad natural hasta una presión algo mayor que soportará el suelo en el campo, donde será inundada produciéndose el colapso por humedecimiento, luego podrá continuar cargándose.

De manera similar a la propuesta de Houston, S. et al. (1986) citado en Fernández (1998), la norma ASTM D-5333, indica la realización de la prueba con un solo edómetro.

## LOESS EN EL SUR DE SUDAMÉRICA

De acuerdo a Rocca et al, (2005), los loess son suelos predominantemente limosos cuyo nombre es indicativo del estado de su estructura interna. Fueron estudiados por primera vez en Alemania en formaciones de la cuenca del Rin, donde surgió su denominación. Esta palabra tiene la misma raíz que “loose” en inglés y significa suelto. Si bien ha habido algunas controversias sobre su génesis, se acepta que son suelos formados por acción eólica (loess primario) que pueden ser re-transportados y redepositados por otros medios (loess secundario o loessoides).

Se ha estimado que un 10 % de la superficie de los continentes está cubierta por estos suelos, con presencias significativas en América del Norte, Europa, Asia y América del Sur. En Sudamérica existen varios suelos de tipo loessicos o loessoides del Cuaternario superior relacionados genéticamente por cinco tipos de transporte y sedimentación de limos eólicos (Iriondo, 1997).

La principal característica geotécnica está constituida por su colapsabilidad o estado metaestable de su estructura interna que puede destruirse debido a cambios en el contenido de humedad o tensionales. Como consecuencia de ello, se generan variaciones volumétricas bruscas que pueden afectar a las estructuras que sean incapaces de soportar distorsiones y asentamientos diferenciales significativos.

En el año 2003, Zarate, realizó un estudio acerca de los suelos tipo loess en Sudamérica, titulado “Loess of southern South America” indica que los loess y loessoides (loess retransportados) son sedimentos que se extienden a través de las llanuras del Chaco-Pampeano y la montaña NW entornos de Argentina, y en los países vecinos (Paraguay, Brasil, Uruguay, Bolivia).

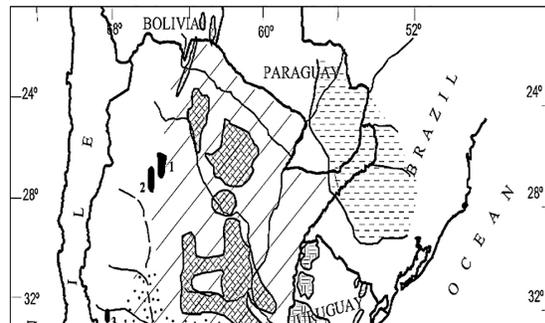
Los suelos loessicos de Argentina constituyen el principal depósito de su tipo en Sudamérica, cubriendo más de 600,000 km<sup>2</sup> de superficie. Son suelos de origen eólico, que pueden conservar su estructura generada al depositarse (loess primario) o sufrir re-transporte o alternación in-situ (loess secundario o loessoides). Los depósitos recientes son principalmente primarios,

ML y CL-ML, mientras que los más antiguos, son suelos arcillosos y limosos sub-saturados, CL a CH. Los comportamientos geotécnicos extremos van desde ser suelos colapsables, en el caso de los primarios y la de depósitos preconsolidados por desecación en el caso de los loessoides secundarios.

En el caso de los suelos loessicos de Bolivia, los mismos se encuentran al sur, específicamente en el departamento de Tarija, provincia “Gran Chaco”, cuyas características son: Las altas temperaturas, es una región árida donde se encuentra un predominio de suelos limo arenosos.

A continuación se presenta parte del mapa donde se muestra los distintos suelos colapsables que existe en Sudamérica.

Figura 4. Distribución de Loess y Loessoides (Zarate, 2003)



Loess reciente (Last glacial loess after, Iriondo). Los depósitos recientes son los que constituyen los materiales loessicos sensu-stricto y presentan como principal propiedad su inestabilidad antes cambios de humedad, produciendo el colapso de la estructura. La composición granulométrica consiste en arena, limos, partículas arcillosas; la fracción gruesa tiene baja coordinación, la fracción arcillosa forma puentes de conexión entre partículas gruesas y contrafuertes de arcilla floculada en los contactos ente limos y arenas. Estas estructuras arcillosas y sales precipitadas le confieren estabilidad y cohesión al suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### MATERIALES

El equipo de ensayo que se utilizará es el “Consolidación unidimensional de los suelos”.

Para montar el ensayo se deberán utilizar piedras porosas previamente secadas al aire, con el fin de evitar que la probeta pueda tomar agua por capilaridad antes de iniciarse el ensayo.

Las muestras que se montan en el ensayo pueden ser inalteradas, preparadas mediante tallado a partir de la muestra original inalterada, o bien remodeladas con una densidad y una humedad determinadas.

A continuación se muestran las figuras correspondientes, en el mismo orden que fueron citados.

Figura 5. Edómetro v piedras porosas.



Figura 6. Muestras inalteradas de suelos



Figura 7. Muestras remodeladas de suelos



Se deben usar muestras que se asemejen lo más que se pueda a las condiciones in situ, para determinar el potencial de colapso,  $I_c$ . Puesto que los suelos susceptibles al colapso son sensitivos para métodos de muestreo usando fluidos, las muestras deben ser tomadas usando métodos secos. Resulta exitoso el método de muestreo en seco, incluyendo barrenos de doble tubo y tallado a mano de bloques.

## MÉTODOS

### ASTM D 5333 – 92 (Reaprobada 1996)

Este procedimiento de ensayo tiene por objeto determinar la magnitud del colapso unidimensional o edométrico (Índice de colapso) y el potencial porcentual de colapso que se produce en el momento cuando se inunda un suelo parcialmente saturado sometido a un esfuerzo vertical (axial) determinado. El método es aplicable tanto a muestras de suelo inalterado como remoldeado.

El método de ensayo consiste en colocar un espécimen de suelo con el contenido natural de humedad en un consolidómetro, aplicando una presión vertical predeterminada, después de experimentar el asentamiento bajo esa carga el espécimen se inunda con un fluido para inducir el potencial de colapso en el espécimen de suelo.

El Potencial porcentual de colapso ( $I_c$ ), es el valor de colapso determinado, para una presión vertical cualquiera, como el porcentaje de disminución de altura que experimenta la probeta al ser inundada, una vez alcanzado el equilibrio bajo la acción de la presión vertical seleccionada, con respecto a la altura inicial de la probeta. El potencial de colapso, se usa para estimar los asentamientos que pueden ocurrir en una capa de suelo en un sitio particular. Los asentamientos de la capa de suelo para una presión vertical aplicada son obtenidos multiplicando  $I_c$  por  $H/100$  donde  $H$  es el espesor de la capa de suelo.

$$I_c = \left[ \frac{(d_f - d_o)}{h_o} - \frac{(d_i - d_o)}{h_o} \right] * 100 = \frac{(d_f - d_i)}{h_o} * 100$$

donde:

$d_o$  = Lectura en el deformímetro después de la carga de fijamiento en el momento en que se va a iniciar el ensayo, antes de aplicar el esfuerzo vertical predeterminado, en mm.

$d_i$  = Lectura en el deformímetro correspondiente al equilibrio con el esfuerzo vertical predeterminado aplicado, antes de inundar, en mm.

$d_f$  = Lectura en el deformímetro correspondiente al equilibrio con la presión vertical aplicada y después de inundar, en mm.

$h_o$  = Altura inicial de la probeta en mm.

$\frac{(d_f - d_o)}{h_o}$  = Deformación a causa del esfuerzo predeterminado después de la inundación, y

$\frac{(d_i - d_o)}{h_o}$  = Deformación a causa del esfuerzo predeterminado antes de la inundación.

La expresión se puede poner en función de la relación de vacíos:

$$I_c = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * 100$$

donde:

$\Delta e$  = Variación de la relación de vacíos producida por la inundación, análogamente a la ecuación anterior, y

$e_o$  = Relación de vacíos inicial, análogamente a la ecuación anterior.

También se puede expresar de la siguiente forma, puesto que el ensayo es conducido como prueba en una sola dirección

$$I_c = \frac{\Delta h}{h_o} * 100$$

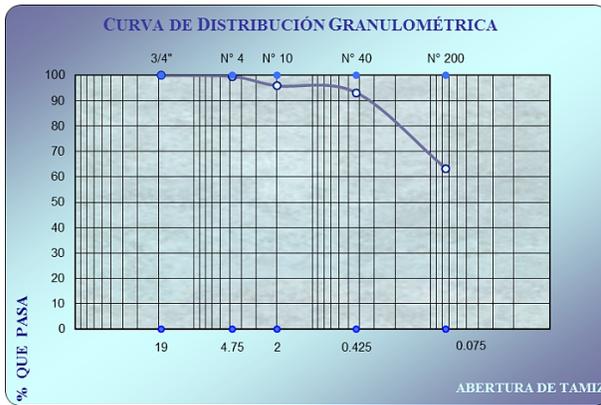
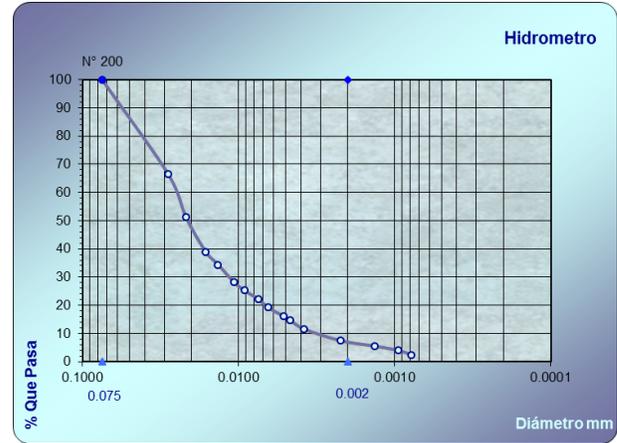
donde:

$\Delta h$  = Cambio de altura del espécimen por inundación, mm, y

$h_o$  = Altura inicial del espécimen, mm.

## RESULTADOS

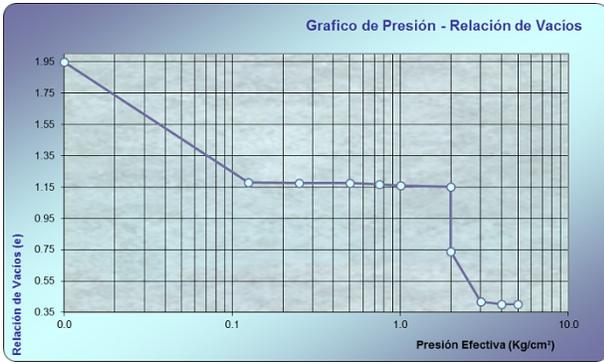
Tamices	% que pasa del total
0.75	100.00
Nº 4	99.52
Nº 10	95.90
Nº 40	93.13
Nº 200	63.30



% Pasa 200	=	100.00
% Limo Parcial	=	92.96
% Arcilla Parcial	=	7.04
% Pasa 200 del Total	=	63.30
<b>% Limo del Total</b>	<b>=</b>	<b>58.84</b>
<b>% Arcilla del Total</b>	<b>=</b>	<b>4.46</b>

## VARIACION PRESION - RELACION DE VACIOS

Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Alt. Inicial mm	Deformación mm	Alt. final mm	$H_v = H - H_s$ mm	$e = \frac{H_v}{H_s}$	$\Delta H_1$	$\Delta e_1$	$e_1$
0.0	20.000	0.000	20.000	13.223	1.951	0.000	0.0000	1.951
0.125	20.000	5.225	14.775	7.998	1.180	5.225	0.7709	1.180
0.250	14.775	0.028	14.747	7.970	1.176	0.028	0.0041	1.176
0.500	14.747	0.011	14.736	7.959	1.174	0.011	0.0016	1.174
0.750	14.736	0.051	14.685	7.908	1.167	0.051	0.0075	1.167
1.000	14.685	0.047	14.638	7.861	1.160	0.047	0.0069	1.160
2.000	14.638	0.055	14.583	7.806	1.152	0.055	0.0081	1.152
2.000	14.583	2.787	11.796	11.796	1.740	2.787	0.4112	0.740
3.000	11.796	2.185	9.611	2.834	0.418	2.185	0.3224	0.418
4.000	9.611	0.101	9.510	2.733	0.403	0.101	0.0149	0.403
5.000	9.510	0.003	9.507	2.730	0.403	0.003	0.0004	0.403



## DISCUSIÓN

Las propiedades del suelo colapsable responsables del fenómeno del colapso estructural de la masa de un suelo son: Granulometría predominantemente fina, con predominio de fracciones de limos y de arcilla; una estructura con una relación de vacíos razonable (estructura metaestable) pero rigidizada de alguna manera (enlaces entre partículas y la succión); y un aumento en el contenido de humedad cercano a la saturación.

El colapso es la disminución de altura que experimenta el suelo en unas determinadas condiciones de estado (densidad y humedad), y sometida a un esfuerzo vertical constante, en el momento del incremento de humedad.

Como los suelos colapsables son suelos parcialmente saturados, no ha sido posible explicar su comportamiento a través de la mecánica de suelos clásica. Por lo que la actuación de estos suelos está definido por técnicas de experimentación.

A partir de la aplicación de la norma ASTM D-533 se obtuvo el potencial del colapso del suelo ensayado igual a 13.94%, este valor indica que se tendrá un problema severo de colapso, en caso de que el suelo adquiriera o posea una estructura tal que al saturarse se produzca el fenómeno.

Inicialmente para la identificación de los suelos colapsables se recomienda la pruebas propuestas por: Gibbs (1962), Feda (1964), Benites (1968), Handy (1973); porque están basadas en propiedades características del suelo. Y luego para confirmar los anteriores resultados efectuar las pruebas propuestas por: Denisov (1951) y Soviet Building Code (1962).

Una vez identificado el suelo como colapsable, el ingeniero encargado deberá optar por: evitar la iniciación del colapso, mejorar el suelo o adoptar cimentaciones que admitan los efectos del colapso.

## POTENCIAL DEL COLAPSO

$$C_p = \Delta e = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_0} \times 100$$

$e_0$  = Relación de Vacíos Inicial antes de aplicar la primera carga de 0.125 kg/cm<sup>2</sup>.

$e_1$  = Relación de Vacíos con esfuerzo vertical predeterminado aplicado, antes de inundar.

$e_2$  = Relación de Vacíos correspondiente al equilibrio con la presión vertical aplicada y después de inundar.

$$e_0 = 1.951 \quad e_1 = 1.152 \quad e_2 = 0.740$$

$$C_p = 13.94 \%$$

Cp (%)	Severidad del Problema
0 – 1	Ningún problema
1 – 5	Problema Moderado
5 – 10	Problema
10 – 20	Problema Severo
20	Problema Muy Severo

## BIBLIOGRAFÍA

Aiassa, G. M. (2008). Caracterización de procesos de infiltración en estado no saturado sobre suelos limosos compactados. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Argentina.

Alanís Araiza, A. O. (2012). Deformación Volumétrica en Suelos no Saturados. Tesis (Maestría en Ciencias). Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería. México.

Barrera Bucio, M. (2002). Estudio experimental del comportamiento Hidro-Mecánico de Suelos Colapsables. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Barcelona.

Braja M., D. (2012). Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Cengage Learning Editores. México.

Fernández S., E. A. (1998). Investigación del Conglomerado Colapsable de la Cano-Vitor Arequipa. Tesis (Maestría en Ciencias). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Frankie (2013). Suelos metaestables: expansivos y colapsables (Estudios Geotécnicos). Fecha de consulta, 16 de diciembre de 2015, de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelosexpansivoscolapsables/>

Redolfi R., E. (2007). Suelos Colapsables. Publicación Grupo Geotécnico. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Departamento de Construcciones Civiles. Argentina.

Rocca, J. R.; Redolfi, R. E.; Terzariol, E. R. (2006). Características Geotécnicas de los Loess de Argentina, en Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. N° 2. Vol. 6. pp 149 - 166. Febrero de 2006, Equipo Editorial.

Villalaz Crespo, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa. México.

Zarate A. M. (2003). Loess of southern South America, en Quaternary Science Reviews. Vol 22. pp 1987 – 2006. Septiembre de 2003, Editorial Elsevier Ltd.

Norma Americana ASTM D 533 - 92. Standard Test Method for Measurement of Collapse Potential of Soils. American National Standard Institute / American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1992.

## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE ROTURA Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

BRAÑEZ CORO JUAN PABLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Investigador Junior, Facultad de Ciencias y Tecnología, UAJMS

Correo electrónico: ernesto-217@hotmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación, determina de forma experimental, un modelo matemático que relaciona de forma directa el módulo de rotura y la resistencia a compresión del hormigón preparado con cemento El Puente tipo IP-30, para diseños de 180, 210, 280 y 350 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, con el uso de agregados triturados, provenientes del Río Guadalquivir de la zona de San Mateo.

El trabajo de gabinete o procesamiento de datos se realizó mediante el uso del software estadístico IBM SPSS Statistics 22, además del uso del software Microsoft Excel, con los que se determinó los parámetros estadísticos de medidas de tendencia central, medidas de dispersión y otros.

A la conclusión del estudio se obtuvo un modelo matemático de tipo potencial como el que establece la normativa ACI-318.

Esta relación matemática obtenida experimentalmente para el caso particular del cemento El Puente tipo IP-30 y agregados triturados provenientes del río Guadalquivir de la zona de San Mateo y expresada por la ecuación  $Mr = 2,488\sqrt{f'c}$  esta validada por la relación planteada por la norma ACI-318, donde Mr. es la resistencia a la flexión y  $f'c$  es la resistencia a la compresión, ecuación que se encuentra dentro de los límites establecidos por dicha norma.

### ABSTRACT

This research work, establishes on an experimental basis, a mathematical model that relates directly the

modulus of rupture and compressive strength of concrete prepared with cement “El Puente” type IP-30, to designs of 180, 210, 280 and 350 Kg/cm<sup>2</sup> of compressive strength, with the use of aggregates crushed, coming of the “Guadalquivir” River in the “San Mateo” area.

The data processing work was carried out through the use of IBM SPSS Statistics 22 statistical software, plus use of the Microsoft Excel software, which determined the parameters of statistical measures of central tendency, measures of dispersion and others.

A la conclusión del estudio se obtuvo un modelo matemático de tipo potencial como el que establece la normativa ACI-318.

At the conclusion of this paper, was gotten a mathematic potential model as establishing regulations ACI-318.

Esta relación matemática obtenida experimentalmente para el caso particular del cemento El Puente tipo IP-30 y agregados triturados provenientes del río Guadalquivir de la zona de San Mateo y expresada por la ecuación  $Mr = 2,488\sqrt{f'c}$  esta validada por la relación planteada por la norma ACI-318, donde Mr. es la resistencia a la flexión y  $f'c$  es la resistencia a la compresión, ecuación que se encuentra dentro de los límites establecidos por dicha norma.

This mathematical relationship obtained experimentally for the particular case of cement the bridge type IP-30 and from crushed aggregates of the Guadalquivir River in the area of San Mateo and expressed by the equation this validated by the

linkage made by the standard ACI-318, where  $M_r$  is the resistance to bending and  $f'_c$  is the resistance to compression, equation that is within the limits established by the said standard.

## INTRODUCCIÓN

La razón por la cual el hormigón es preferido en la construcción es porque presenta características significativas de durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia. La propiedad más conocida del hormigón es la resistencia a la compresión, sin embargo, el Módulo de Rotura toma un papel muy importante al momento de diseñar pavimentos u otras estructuras apoyadas sobre terrenos como losas y otros.

Tomando como punto de referencia a la ingeniería vial, se han realizado investigaciones a diferentes mezclas de hormigón empleadas para pavimentos rígidos con el fin de encontrar relaciones entre sus propiedades, como es el caso de la relación entre la resistencia a la compresión y el Módulo de Rotura (resistencia a la tracción por flexión). Actualmente, en el país son escasos los laboratorios de hormigón dedicados a obtener este tipo de información, sin embargo, para efectos de precisión en los diseños, es importante contar con información certera, es ahí donde se hace necesaria la obtención de la relación de estos dos valores por medio de ensayos.

Existen diferentes estudios realizados en diferentes países con objeto de determinar la relación existente entre estas dos variables mediante la adecuación de modelos matemáticos, tal es el caso de la norma ACI-318 en la cual se establece un modelo matemático de carácter potencial que es en el cual se hará énfasis en el presente estudio.

## JUSTIFICACIÓN

La industria del hormigón y las agencias de inspección y ensayos están mucho más familiarizados con los ensayos tradicionales a compresión de las probetas cilíndricas, para el control y la aceptación del hormigón. La flexión puede ser utilizada con propósitos de diseño, pero la resistencia a compresión correspondiente debe ser utilizada para ordenar y aceptar la mezcla.

Las necesidades de adecuar un modelo matemático que correlacione las variables de resistencia a compresión y el Módulo de Rotura se hace evidente al observar las dificultades que representa ejecutar los ensayos sin infringir la normativa estipulada para obtener resultados confiables, además de poder contar con una herramienta de mucha utilidad para estudios futuros teniendo en cuenta que se desarrollara con materiales utilizados en el medio local.

## HIPÓTESIS

La relación existente entre la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión (Módulo de rotura) del hormigón responde a una ecuación de la forma:

$$M_r = K * f'_c{}^B$$

Con un valor para la constante de proporcionalidad  $K$  en un rango de 1,99 a 2,65 para el modelo matemático de tipo potencial.

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad y determina la aceptación o no de una mezcla elaborada, en nuestro medio es éste parámetro también es el que determina las condiciones de calidad de una mezcla de hormigón.

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MÓDULO DE ROTURA)

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a tracción del hormigón. es una medida de la falla por momento de una viga o losa de hormigón no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de hormigón de 150 x 150 mm de sección transversal y con luz como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura ( $M_r$ ).

TABLA Nº 1 Resultados de ensayos de resistencias a compresión

Nº De Ensayo	Diseño 180 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 350 kgf/cm <sup>2</sup>
1	185	223	308	360
2	213	210	290	362
3	201	238	334	358
4	192	224	335	391
5	196	220	301	357
6	187	210	295	358
7	186	232	324	360
8	196	237	307	368
9	195	229	314	330
10	186	223	290	362
11	226	243	294	385
12	189	232	313	366
13	192	222	308	378
14	196	269	331	352
15	186	191	332	385
16	217	224	280	351
17	192	220	302	361
18	220	222	288	380
19	215	230	302	364
20	176	220	301	357
21	189	229	300	362
22	191	230	304	351
23	195	229	307	363
24	194	267	302	361
25	190	218	300	367
26	186	224	312	363
27	191	220	305	392
28	189	225	280	365
29	217	230	288	392
30	196	225	306	365

12	32	17	41	41
13	31	43	38	42
14	33	35	45	48
15	36	35	28	52
16	33	33	40	48
17	35	36	43	51
18	33	44	39	45
19	33	19	54	59
20	20	38	40	47
21	23	39	43	53
22	38	35	40	45
23	30	36	38	46
24	35	34	41	45
25	34	45	38	48
26	39	31	41	45
27	32	27	22	45
28	29	38	43	50
29	34	33	38	32
30	41	21	44	46

### ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Realizando una comparación de los datos obtenidos, tanto a compresión como a flexión, entre los resultados del total de campo muestral con el campo muestral resultado de la depuración, se observan variaciones tanto en el parámetro del promedio aritmético como también en la desviación estándar, tal como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA Nº 3 Desviación estándar de los resultados obtenidos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Experimental Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv
180	196	12	210	15	280	15	350	14
Total Campo Muestral	191	4	225	8	303	13	362	7
Campo Muestral Depurado								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN								
Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Experimental Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv	Experimental al Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv
180	33	5	210	7	280	6	350	6
Total Campo Muestral	34	3	36	4	41	2	47	3
Campo Muestral Depurado								

TABLA Nº 2 Resultados de ensayos de resistencias a flexión

Nº De Ensayo	Diseño 180 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño 350 kgf/cm <sup>2</sup>
1	34	39	42	48
2	32	37	37	47
3	35	40	42	48
4	36	33	40	45
5	43	38	39	51
6	34	33	41	43
7	21	40	56	47
8	33	41	43	41
9	33	35	42	58
10	39	36	42	48
11	38	35	40	32

De los resultados de resistencias a compresión y a flexión tanto del total del campo muestral como del campo muestral depurado se obtuvieron los siguientes valores promedios para cada uno de los diseños de mezclas analizadas, que se resumen en la siguiente tabla:

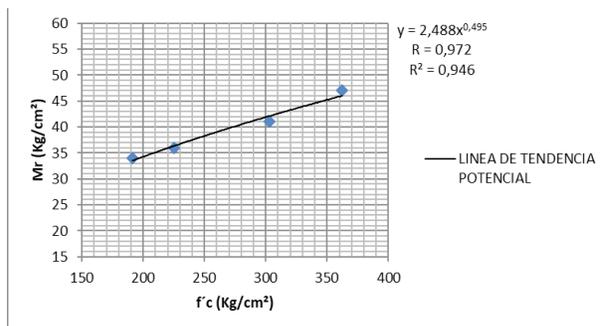
TABLA N° 4 Resistencia promedio

Resistencia De Diseño $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Promedio $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Flexión Promedio $M_r$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
180	191	34
210	225	36
280	303	41
350	362	47

### DETERMINACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO POTENCIAL.

A continuación se determina el modelo matemático potencial de tipo  $M_r = k * \sqrt{f'c}$ ,  $M_r = k * \sqrt{f'c}$ , que relacione el Módulo de rotura y la resistencia a compresión del hormigón.

FIGURA N° 1 Relación potencial entre  $M_r$  vs  $f'c$



Se obtiene la siguiente ecuación potencial:

$$M_r = k * f'c^B$$

$$M_r = 2,488 * f'c^{0,495}$$

$$M_r = 2,488 * \sqrt{f'c}$$

Donde:

$M_r$  : Módulo de Rotura ( $M_r$ ).

$f'c$  : Resistencia a compresión ( $f'c$ ).

$K$  : Constante de proporcionalidad.

$B$  : Exponente de la potencia.

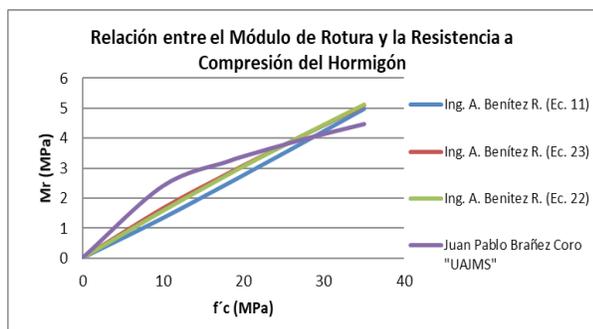
Se realiza una comparación entre los resultados obtenidos mediante el presente estudio y un caso en particular como lo es el artículo publicado por el Ing. Alberto Benítez Reynoso titulado “Relación Resistencia a tracción-Resistencia a la compresión simple en el hormigón de la carretera Tarija-Potosí”.

Dicho artículo muestra los resultados para la relación entre las variables estudiadas (resistencia a compresión y la resistencia a tracción por flexión) aplicando distintos modelos matemáticos de los cuales nos concentraremos en los modelos cuyo coeficiente de correlación reflejaron mejor relación entre las variables y principalmente en los valores para las constantes determinadas mediante el mismo modelo utilizado en el presente trabajo.

TABLA N° 5 Comparación de Resultados

FUENTE	EXPRESIONES	COMENTARIO
Ing. A. BENÍTEZ R.	$f_{tf} = 0,119 \rightarrow f'c^{1,051}$	$R = 0,821$ Ecuación 11 de la publicación Expresada en MPa
Ing. A. BENÍTEZ R.	$f_{tf} = 0,211 \rightarrow f'c^{0,895}$	$R = 0,962$ Ecuación 23 de la publicación Expresada en MPa
Ing. A. BENÍTEZ R.	$f_{tf} = \frac{1}{0,0194 + \frac{6,149}{f'c}}$	$R = 0,966$ Ecuación 22 de la publicación Expresada en MPa
JUAN PABLO BRAÑEZ C.	$M_r = 2,488 \rightarrow f'c^{0,495}$	$R = 0,966$ $180 \leq f'c \leq 350 \text{ kgf/cm}^2$
JUAN PABLO BRAÑEZ C.	$M_r = 0,770 \rightarrow f'c^{0,495}$	$R = 0,976$ Expresada en MPa

FIGURA 2 Relación entre módulos de rotura y resistencia a la compresión según tabla 5



Se puede evidenciar que los modelos determinados tanto en el artículo presentado por el Ing. Alberto Benítez Reynoso como por el determinado en éste estudio muestran variaciones respecto a la resistencia a tracción por flexión debiéndose a los valores diferenciados en las constantes de proporcionalidad determinados para los modelos esto no significa que algún modelo no muestre confiabilidad, al contrario observando los coeficientes de correlación se evidencia que todas las ecuaciones son válidas y aplicables, pudiendo ratificarse la necesidad que representa este tipo de estudio al observarse la diferencia en la que se manifiesta la correlación entre las variables en estudio.

## DISCUSIÓN

Las pruebas de normalidad aplicadas a los diferentes conjuntos de datos efectuadas mediante el software IBM SPSS Statistics 22, muestran un buen ajuste de éstos a una distribución normal, habiendo sido efectuado los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro Wilk para un nivel de significación del 95%

En cuanto se refiere a la relación entre la resistencia a tracción por flexión (módulo de rotura) y la resistencia a compresión del hormigón se consideró la adecuación del modelo matemático planteado por la normativa ACI-318:

Se obtuvo una ecuación de tipo  $Mr = K * \sqrt{f'c}$   $Mr = K * \sqrt{f'c}$ , para este caso la constante K obtenida mediante la regresión de tipo potencial aplicada a las medias de los conjuntos de datos tiene un valor de 2,488 teniendo la ecuación

$Mr = 2,488 * \sqrt{f'c}$   $Mr = 2,488 * \sqrt{f'c}$  que representa la relación entre ambas variables.

La norma ACI-318 sugiere que, para un hormigón de peso normal, la resistencia a flexión está entre los valores de 1,99 a 2,65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. El valor encontrado en este proyecto para los diseños de mezclas de 180, 210, 280 y 350 kgf/cm<sup>2</sup> se encuentran dentro del rango establecido, siendo la constante  $K = 2,488 = 2,488$

Por otra parte, analizando el coeficiente de correlación se concluye que el modelo matemático empleado muestra un grado excelente de correlación entre las variables siendo  $R = 0,972$  para la ecuación potencial, lo cual permite aceptar lo establecido en la hipótesis planteada.

Los coeficientes de determinación tienen un valor de  $R^2 = 0,946$  para el modelo matemático empleado teniendo una probabilidad de alrededor de un 95% de que el modelo no sufra variación en la confiabilidad de los resultados que pueda mostrar.

Teniendo como referencia el trabajo realizado por el Ing. Alberto Benítez Reynoso se pudo concluir que al ajustar diferentes modelos matemáticos para relacionar las variables en estudio permite tener una visión mucho más amplia del comportamiento de una variable con la otra y permite contar con información de un posible mínimo y un posible máximo valor de proporcionalidad que tendrá la resistencia a la tracción por flexión con relación a la resistencia a compresión simple.

## RECOMENDACIONES

Realizar el mismo estudio para otros casos con el fin de obtener los valores de K para los diferentes cementos utilizados en nuestro medio y contar con las fórmulas que establezcan las relaciones entre los parámetros del módulo de rotura y resistencia a la compresión del hormigón.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- BENÍTEZ Alberto (2010). “Relación Resistencia a la Tracción-Resistencia a la Compresión Simple en el Hormigón de la Carretera Tarija-Potosí”. 21° Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, Buenos Aires.
- CAÑAS LAZO, Manuel Antonio y RETANA MARTINEZ Manuel Edgardo (1999) “Establecimiento de una Relación Entre el Módulo de Ruptura y la Resistencia a la Compresión Para Mezclas de Hormigón Hidráulico”, El Salvador.
- COMITÉ ACI 318 (2005). “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)”, Primera Edición.
- CUADRAS, Carles M. (1990), “Problemas de Probabilidades y Estadística” Vol-1 Probabilidades, Barcelona
- GARCIA CALDERON J. Alexandra (2010). “Determinación de la Correlación Entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto (caso Prevesa)”.
- GARCÍA CALLOCUNTO Carolina (2012), “Resistencia a la Flexión del Concreto”, Perú.
- GARCIA J., Esteban (2005), “Estadística Descriptiva y Nociones de Probabilidad”, España.

## IDENTIFICACIÓN DE GRADO DE RURURBANIDAD DE: LA VICTORIA, CADILLAR, TOMATITAS, LOMA DE TOMATITAS, RANCHO SUR Y RANCHO NORTE

MENDOZA SANCHEZ RONALD CARLOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Investigador Junior, Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Ciencias y Tecnología, UAJMS

---

**Correo electrónico:** carlosmendozasanchez3.1416@gmail.com

---

### RESUMEN

Este trabajo investigativo analiza como muestra a seis comunidades ubicadas en el área limítrofe de la ciudad de Tarija específicamente en el Municipio de Méndez, su propósito es determinar el grado de ruralidad y urbanidad de cada una.

Previamente se hizo una revisión histórica y conceptual de la relación urbano-rural, proponiendo la concepción del territorio como un continuum urbano-rural y del espacio rururbano como hibridación de ambos, en las que según el aumento o disminución de características específicas van determinando la tendencia hacia una u otra.

Posteriormente se analizó el componente territorial funcional, disgregado en variables cuantitativas y cualitativas espaciales que diferencian al territorio urbano del rural; tomando estas variables y otros datos censales disponibles, con el propósito de determinar el grado, se procedió a elaborar una tabla inspirada en la revisión teórica, que permite medir la ruralidad y urbanidad de cada una de las comunidades.

### PALABRAS CLAVES

Relación urbano-rural, continuum urbano-rural, rururbano.

### ABSTRACT

This research study analyses six communities located in the border area of the city of Tarija specifically in the

Municipality of Mendez, its purpose is to determine the degree of rurality and urbanity of each.

Previously, a historical and conceptual review of the urban-rural relationship was made, proposing the conception of the territory as an urban-rural continuum and the rururban space as a hybridization of both, in which, according to the increase or decrease of specific characteristics, they determine the trend towards one or the other.

Subsequently, the functional territorial component was analysed, disaggregated into quantitative and qualitative spatial variables that differentiate the urban from the rural territory; Taking these variables and other available census data, with the purpose of determining the degree, we proceeded to elaborate a table inspired by the theoretical revision, which allows to measure the rurality and urbanity of each one of the communities.

### KEY WORDS

Urban-rural relationship, urban-rural continuum, rururban.

### INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es abrir la puerta a un tema que ha sido dejado de lado por los arquitectos y urbanistas, es el caso de la pregunta aún irresuelta: ¿Dónde comienza y termina la ciudad?, con esta se inicia la búsqueda de los bordes de la ciudad y los espacios que ahí se encuentran entre el ser y no ser

“urbano”, en el permanecer o perecer “rural”.

Ante un proceso de urbanización incipiente en el todo el planeta, se hace necesario cada vez más, poner límites no sólo físicos sino teóricos a la ciudad, que ha demostrado su incapacidad de darle al ser humano la calidad de vida que éste necesita, con el tiempo los valores que en ella rigen se desvinculan más de la naturaleza. Es necesario aceptar que el proceso de urbanización puede ser frenado y retrocedido, y también que se debe cambiar la forma de hacer ciudad vigente en la actualidad.

El Proceso de Urbanización Global es uno de los más complejos y extensos espacialmente de la historia de la humanidad, impulsado por la globalización, la industrialización y el capitalismo, mediante políticas gubernamentales se construyó un mercado mundial en el que las urbes y sus entornos rurales próximos, pierden su auto-subsistencia económica; pero el proceso de urbanización no se introduce de la misma manera en todas las urbes, tal es el caso de Tarija y su entorno rural, en el que la industria y la empresa capitalista no son los motores económicos principales, porque posee gran dependencia de recursos estatales, una estrecha relación económica productiva con el campo y comercio informal creciente.

Las grandes urbes regionales y mundiales se presentan a sí mismas de manera hegemónica como centros de poder, economía y cultura, y por lo tanto, como el origen de la civilización, cuyo propósito es expandirse civilizando aquellos medios naturales y rurales que aún no fueron “civilizados” y se convierten en receptores de la modernidad y postmodernidad.

Las características formales y funcionales de las regiones urbano-rurales son tan variables como las maneras en la que la globalización se introduce en ellas; por tanto el territorio, aparenta ser un continuo de diferentes urbes interconectadas con nodos y centralidades, que juntas van conformando éste nuevo

mundo globalizado interconectado urbanizado; pero fragmentado socialmente.

El avance de la urbanización desde la ciudad y desde las comunidades rurales, pone en riesgo los ecosistemas naturales y productivos tradicionales, la crisis ambiental de la urbanización en las comunidades rurales empieza a generar contaminación del suelo, agua y aire, la depredación de los ecosistemas naturales locales, y el loteamiento de áreas con potencial productivo, pues en el cambio de valores también se pierde la conciencia ambiental que poseían los habitantes rurales por su estrecha relación con la naturaleza.

## MÉTODO

### CONCEPTUALIZACIÓN

**URBANO:** Proviene del latín urbanus que deriva urbs-urbis que significaba ciudad y así denominaban a Roma, la raíz ur es muy usada en otras lenguas para referirse a ciudades

**RURAL:** Proviene del latín postclásico rurales adjetivo de la palabra rus que se refería a campo o granja, que venía a sustituir la palabra rusticus que significaba del campo que era el antónimo de urbanus, el vocablo rus procede de una raíz indoeuropea que significa abrir o estar vacío.

La lengua esconde algo que se evidencia en las relaciones que se dan en la realidad de lo urbano y lo rural, la ciudad y el campo, concibiendo a ambas en dos polos muy diferenciados, contenedores de realidades muy distintas, que propiciaron estereotipos y fragmentación social entre ambas poblaciones. Ésta manera de entender el campo y la ciudad, lo urbano y lo rural, ha penetrado mucho en las distintas disciplinas como en la arquitectura, que le ha dado al proceso de urbanización la hegemonía que en la actualidad es cuestionada.

TABLA 1: La dicotomía rural urbana

URBANO	RURAL
<p><b>Contrato</b></p> <p>El individuo es libre para establecer sus acuerdos y relaciones que sean de su interés personal</p>	<p><b>Estatus</b></p> <p>El individuo está adscrito por su nacimiento a una posición social inmutable y definida en la comunidad</p>
<p><b>Asociación</b></p> <p>Las relaciones sociales están dominadas por el cálculo y la racionalidad.</p>	<p><b>Comunidad</b></p> <p>Las relaciones sociales están dominadas por los sentimientos y en el instinto o la voluntad natural.</p>
<p><b>Solidaridad Orgánica</b></p> <p>Fuerte división del trabajo, con diferenciación y especialización elevada, cada individuo depende del otro para satisfacer sus necesidades, éstas sociedades están conformadas por distintos órganos.</p>	<p><b>Solidaridad Mecánica</b></p> <p>No hay papeles designados para los grupos secundarios, éstos no representan al individuo ni se interponen entre éste y la sociedad, son poco estratificadas, con precaria o nula división del trabajo.</p>
<p><b>La Personalidad en la Metrópoli</b></p> <p>El individuo está sumergido en un ambiente social artificial, con múltiples estímulos externos, y un proceso de selección incesante de alternativas y decisiones; el dinero se convierte en el nivelador. Pero, el individuo es libre de multiplicar sus contactos y relaciones.</p>	<p><b>La Personalidad en el Campo</b></p> <p>El individuo está en contacto con un ambiente social natural, sus variaciones son limitadas, el trueque y el intercambio son predominantes. Pero, el individuo tiene sus relaciones sociales condicionadas a la naturaleza de ellas.</p>

FUENTE: Elaboración Propia

## LA DICOTOMÍA URBANO-RURAL

Esta teorización tiene orígenes imprecisos y remotos dentro y fuera del ámbito científico, los autores del siglo pasado trataron de delimitar conceptualmente ambos conceptos tomando una perspectiva diacrónica evolutiva partiendo de formas tradicionales a otras más modernas.

## EL CONTINUUM URBANO-RURAL

Con el objetivo de superar la dicotomía y ambigüedad de ambas categorías, algunos autores proponen dotarlas de un marco teórico y significado preciso desde una perspectiva sincrónica. Pero no puede abordarse el conocimiento de lo rural o lo urbano como si existiese una línea divisoria, pues no existe el uno sin el otro, sus características están más bien combinadas y mezcladas constituyéndose en hibridaciones complejas.

Para Sorokin y Zimmerman la diferencia no consiste en existencia o ausencia de ciertos rasgos, sino en el crecimiento o decrecimiento cuantitativo de las características que definen una u otra, en una

gradación desde los más estrictamente rural a lo más estrictamente urbano, para ello la ciencia debe recurrir a la herramienta de los tipos ideales que solo existen teóricamente, señalaron nueve diferencias permanentes entre las comunidades urbanas y rurales; pero que se reducen a partir de una característica básica y definitiva: la actividad económica agrícola.

La agricultura constituye la pieza angular de la sociedad rural, ésta actividad se realiza al aire libre por lo tanto obliga al individuo a mantener una relación con el medio ambiente distinta al urbanita, también determina el tamaño de la comunidad y la densidad, la propia naturaleza de ésta actividad impide la gran concentración de población en comunidades más grandes porque requieren vivir próximos a la tierra.

## EL ESPACIO RURURBANO

El fenómeno denominado rururbanisation, en francés y su traducción al español rururbanización es uno de los neologismos que surgió tras las teorías del continuum para definir los espacios intermedios entre lo rural y lo urbano.

El espacio rururbano es más que la suma de sus componentes urbanos y rurales, la interacción entre ellos origina una estructura que lo convierte en diferente, presenta una dinámica propia que consiste en procesos de intercambio y transformación de sus componentes naturales y antrópicos.

Este territorio como frontera difusa entre la ciudad y el campo, es producto de la herencia de las estructuras tradicionales modificadas por las nuevas funciones complementarias o antagónicas entre las redes urbanas y rurales, originando un sistema de poblamiento distinto a ambos.

La población establecida en el lugar tiene un vínculo fluido con el espacio urbano por las necesidades de abastecimiento y de inserción laboral, pero también busca estar cerca de los espacios rurales por la importante presencia de recursos bióticos productivos y paisajísticos.

## **RURURBANO Y PERIURBANO**

Ambos términos rururbano y periurbano en sus orígenes aludían a lo mismo, por lo que hace necesario aclarar sus diferencias:

Ambas surgen para descongestionar el suelo urbano pero, con el paso del tiempo, atraen población generando tejido urbano. Sin embargo, se distinguen en el nivel de presión de los usos urbanos sobre los usos de suelo agrícola. En el periurbano, la presión es muy fuerte, debido a la mayor cercanía a la ciudad, desde donde provienen las fuerzas centrífugas y a una proporcionalmente menor superficie de tierra, en el área exterior rururbana la presión es menor, debido a una mayor distancia respecto a la ciudad, a una mayor disponibilidad de tierras que en el espacio periurbano y al carácter más reciente del proceso que le da origen.

Mientras que el periurbano se conforma por el avance de la ciudad hacia su periferia centrífugamente de población urbana y actividades económicas, en el

rururbano se da una combinación de procesos, en distintas escalas temporales y espaciales.

## **ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES**

### **1. TIPO DE ORGANIZACIÓN ESPACIAL**

Los asentamientos humanos de las comunidades surgen desde la estructura natural existente, que se ve modificada en primer lugar por vías interconectoras de las comunidades, a partir de ellas y limitadas por la estructura biofísica, es que las comunidades se empiezan a organizar a lo largo de las vías principales y algunas ramificaciones secundarias, en algunos casos la intersección de dos o más vías dan lugar a nodos, es de esa manera que se organizaban espacialmente las comunidades rurales; pero en las últimas décadas, debido a proceso acelerado de la urbanización, empezaron a surgir estructuras de vías rectanguladas contiguas a la vías principales o conectadas con una ramificación secundaria, que generalmente realizan movimientos de tierra acelerados con el fin de acondicionar la misma para su venta y ocupación inmediata, es decir adaptando la estructura natural a la estructura vial impuesta.

### **2. ESTRUCTURA VIAL**

#### **VÍAS PRINCIPALES**

La carretera que vincula la ciudad de Tarija y San Lorenzo es la vía estructurante de las demás vías, no presenta quiebres considerables, se encuentra asfaltada atravesando las comunidades de Tomatitas, El Rancho Sur y El Rancho Norte.

La carretera a la comunidad rural de Erquis es la que atraviesa la comunidad de Loma de Tomatitas, ésta carretera es sinuosa, dada la topografía y porque solía ser un camino vecinal entre las propiedades rurales.

La carretera a la comunidad de La Victoria también se encuentra asfaltada, en la comunidad de Tomatitas tiene un quiebre ortogonal porque en esta sección la

carretera mantiene su recorrido como camino vecinal rural preexistente, la carretera en la comunidad del Cadillar tiene algunos quiebres dada la topografía, en el cruce con la carretera a la comunidad de Coimata.

## VÍAS SECUNDARIAS

### Calles y pasajes

La comunidad de La Victoria tiene una trama reticular ortogonal a la carretera asfaltada, que se superpone a los aires de ríos y quebradas, planteada con una perspectiva netamente urbanizadora.

En las comunidades de Loma de Tomatitas y Rancho Norte, se puede observar que algunos propietarios realizaron amezanamientos y fraccionamientos con el propósito de urbanizar, estas estructuras viales se presentan como retículas satelizadas a lo largo de la carretera a Erquis, la topografía y la falta de supervisión en su trazo, genera fragmentación en la estructura vial y espacial pública.

### Caminos Vecinales

Estas son las vías más comunes en zonas rurales, por lo general se encuentran entre los lotes rústicos de agricultura, particularmente en la comunidad del Rancho Sur la estructura vial es quebrada porque el trazo de ellas partió de los caminos vecinales preexistentes.

## 3. CONCENTRACIÓN Y DISPERSIÓN

Las comunidades tienden a concentrarse sobre las vías principales, y es sobre ellas que se encuentran las densidades más altas; también se encuentran ramificaciones y vías secundarias en las que también se concentra en menor proporción la población.

A pesar del reciente amezanamiento y loteamiento en algunas comunidades sólo La Victoria se encuentra más concentrada en el área que había sido estructurada con manzanos cuadrangulares.

## 4. PATRÓN DE OCUPACIÓN Y POBLAMIENTO

Para comprender mejor se procedió a diferenciar los patrones en rural y urbano:

### Rural

A partir de los ciclos y condiciones naturales, el acceso las vías principales o sus ramificaciones, y con el propósito de usar la tierra para las actividades agrícolas, pecuarias u otras relacionadas, se proceden a sectorizar las parcelas según el mejor uso que se les pueda dar, generalmente las viviendas y otras construcciones se ubican lo más próximo posible a las vías, también las fuentes de agua como los ríos, quebradas, acequias y atajados con factores determinantes para la ubicación del área agrícola de la parcela, que además debe contar con un fácil acceso a la vía principal.

Se conserva la vegetación nativa que no dificulte las actividades agrícolas, por lo que en una primera etapa se encuentran franjas importantes de vegetación en la parcela como suelo de reserva o como divisores entre propiedades vecinas. Existe bastante conocimiento y respeto por la naturaleza y sus ciclos, por lo que es aprovechada de manera racional y eficiente.

Con el tiempo las actividades agrícolas se incrementan y se hace uso de la tierra disponible, también crece la familia, el número de construcciones necesarias, y las actividades que en ellas se realizan, pero se mantienen los vínculos estrechos con la naturaleza y las actividades agrícolas. Como el uso de la tierra está limitado, la opción restante para el desarrollo económico de la familia es el incremento de la eficiencia en las actividades agrícolas. Y las que no lo logran recurren al patrón urbano.

Figura 3: Patrón de Ocupación y Poblamiento



## Urbano

El patrón urbano empieza modificando la estructura natural del terreno, realizando movimientos de tierras; avasallando quebradas, ríos y acequias; y quitando vegetación nativa, en resumen modificando permanentemente el ecosistema previo; luego se procede a la subdivisión de la parcela destinando las áreas de vías, lotes, etc. El proceso prosigue, después de su venta, al cerramiento de los lotes por parte de cada propietario, generándose un espacio fragmentado con parcelas cerradas y otras abiertas, a medida que cada

propietario construye su vivienda, se van cerrando y llenando más los lotes con edificaciones.

## 5. TIPOS DE CONFIGURACIÓN DE PROPIEDAD

A partir de la observación se puso identificar que existen tres tendencias de configuración de las propiedades, una urbana y otra rural.

### Propiedad Urbana

Éste tipo de propiedad, es de menor tamaño, se encuentra cerrada perimetralmente con muro sólido, lo que aísla su interior completamente del exterior manteniendo anonimato con los vecinos y con el espacio público (calle), su única vinculación es a partir de la parte superior del muro o los vanos que se abren en él.

Lo biofísico que en ella se encuentra se modifica y se aísla del ecosistema externo para ajustarse a la arquitectura urbana tradicional, que tiene la característica de partir de una propiedad nivelada, vacía y cerrada.

Los espacios que en ahí se construyen sólo mantienen comunicación entre sí mismos, es decir que el espacio al haber sido delimitado y cerrado, reduce la comunicación interna-externa y externa-interna, y que el muro se convierte en el elemento impermeable clave para definir el espacio interno y externo.

Estos aspectos espaciales reflejan que en la urbanidad y su forma de ocupar las propiedades los valores son el egoísmo, el aislamiento, el individualismo, la apropiación del territorio, la indiferencia con el vecino y el espacio público.

Se pudo simplificar la multiplicidad de formas en 6 tipos de propiedad que se codificaron de la siguiente manera:

**U1** - es la propiedad que solamente se encuentra cerrada con un muro perimetral pero que ya tiene gran

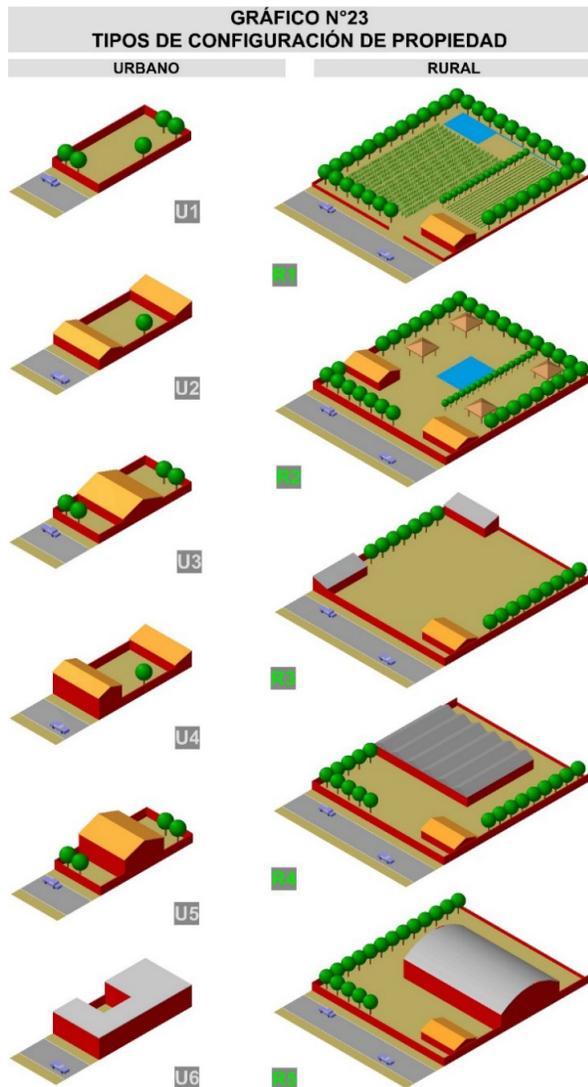
impacto espacial.

**U2 y U3** - son propiedades de una sola planta, también cerradas que se diferencian por la forma de ocupar el terreno, la primera ocupa el terreno de manera discontinua generalmente por la manera espontánea de construcción, la segunda es más compacta por lo que se presume un diseño premeditado de la construcción. Ambos presentan espacios vacíos dentro de la propiedad de tamaño considerable entre un 60 y 40% del lote.

**U4 y U5** - son similares a las anteriores, solamente que tienen dos plantas, lo que les permite albergar más ocupantes y actividades; generalmente son el resultado de la ampliación de los anteriores.

**U6** - es el tipo más reciente en surgir en las comunidades, es aquel que casi no presenta vacíos dentro de la propiedad, muy característico de las áreas urbanas densas, al tener entre dos o más plantas, puede albergar muchos ocupantes y actividades, generalmente comercio.

Figura 4: Tipos de Configuración de Propiedad



### Propiedad Rural

Este tipo de propiedad, es de mayor tamaño, aunque puede ser mucho más grande, pero las características de su funcionamiento espacial permanecen, dada su extensión el cerramiento completo de la propiedad es menos frecuente, y más permeable.

Las actividades que en ella se desarrollan suelen estar muy relacionadas a la naturaleza por lo que las modificaciones biofísicas son en menor proporción, la topografía y las masas vegetales suelen ser aprovechadas e incorporadas en las actividades que se realizan.

Visualmente, gracias a la permeabilidad o nulidad de los cerramientos, existe bastante comunicación entre el exterior e interior de la propiedad.

Tradicionalmente las actividades agropecuarias se adaptan al ecosistema natural, esto se puede apreciar en las propiedades, los cursos de agua, la vegetación y sus relieves son estudiados, aprovechados y modificados mínimamente, para adaptarse a ellos logrando mayor eficiencia de recursos y energía disponible; aunque también se evidencian influencias urbanas en la configuración y uso de las propiedades, los nuevos usos insertados y necesarios en las comunidades dieron lugar a otros tipos de ocupación de la propiedad, algunos de manera negativa están modificando el paisaje y el espacio.

Para comprender las configuraciones espaciales de las propiedades se procedió a la sintetización de ellas en 5 tipos:

**R1** - es el tipo de propiedad más común en el área rural, consiste en una parcela, delimitada con un muro bajo de piedra o un cerco, en el que se cultivan por áreas definidos distintos productos, permitiendo las dotación y descanso de áreas en la misma propiedad, se suelen encontrar vegetación (árboles, arbustos) nativa o frutal como delimitadora de propiedad con los vecinos y por dentro definiendo áreas para distinto uso, la toma y/o fuente de agua de riego es muy importante en estas propiedades, como lo es el acceso vehicular hasta ciertas partes, en resumen la permeabilidad del suelo y del espacio es muy importante para el funcionamiento de la propiedad. Se podría decir que es el tipo previo a los demás tipos de propiedades.

**R2** - este tipo de propiedad es el resultado de los nuevos usos que se le da al área rural, consiste en propiedades donde se trata de aprovechar las cualidades paisajísticas del medio rural, para la realización de actividades culturales y recreacionales, por lo que suelen conservar la permeabilidad del suelo y la vegetación existente. A pesar de ello suelen estar cerrado total o parcialmente, de manera sólida o semipermeable, en su interior se construyen volúmenes sólidos, pero más que todo permeables, debido a la relación con el exterior que se busca.

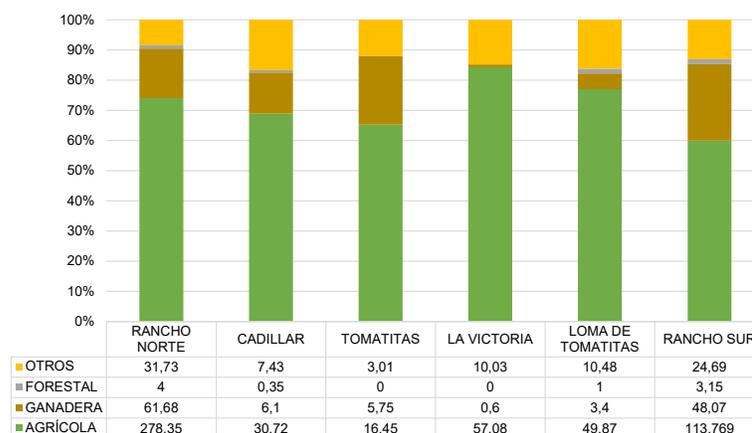
**R3** - éste tipo también se encuentra cerrado, y distribuye sus edificaciones en los bordes de la propiedad, debido a que se busca el aprovechamiento de espacio, central para sus actividades, generalmente talleres o garajes de vehículos de transporte pesado, por ello mismo los elementos biofísicos del centro de la propiedad son modificados o eliminados para poder usar ésta área.

**R4** - es el tipo de propiedad característico en los establos ganaderos de aves y los invernaderos, en los que se concentra las construcciones en volúmenes de poca altura, y se mantiene cierto grado de características biofísicas preexistentes, aunque las actividades se concentran en las construcciones, también llevan cierres perimetral parcial o total, solido o semipermeable.

**R5** - es el tipo de ocupación de propiedad característico de la agro industria como Lacteosbol o las procesadora de granos. Normalmente cerrado de manera completa o parcial, con cierre perimetral solido o semi permeable, contiene principalmente volúmenes de dos o más pisos de altura, aunque conserva masas vegetales perimetrales, su suelo se ve modificado por el constante ingreso y circulación interna de vehículo pesado y livianos.

## 6. CUANTIFICACIÓN ESPACIAL DE USOS DE SUELO

TABLA 3: Cuantificación espacial del uso del suelo(Ha)



Las actividades económicas que se realizan en el suelo es una característica determinante para comprender el territorio. Para la mejor comprensión de la distribución de los usos del suelo en los territorios, se procedió a dividirlos en 4 grupos representativos: el de uso agrícola, el ganadero (pastos cultivados y naturales), el forestal (plantaciones forestales y bosques o montes), y por último el grupo de otros (vías, servicios, talleres y garajes, industria, comercio, recreacional al aire libre, hospedaje, artesanal extracción de áridos)

## **IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE RURURBANIDAD**

Para poder identificar cuan urbanas o rurales son las comunidades, a partir de los datos disponibles y de su comparación se definieron 6 características que nos permiten indicar las tendencias que sigue cada comunidad dentro del continuum rural-urbano, dicha teoría sirvió como base para identificar las características como variables a tomar en cuenta dentro de la investigación.

Las características se agrupan en dos áreas, el área social y económica, y el área espacial funcional, no son independientes entre sí, tienen una profunda relación, que nace en la actividad económica de la población y su relación con el espacio.

Las características sociales y económicas son:

### **1. Actividad Económica**

En el medio rural las actividades dominantes son las del sector primario (agricultura y ganadería) y en menor medida el secundario (minería, construcción, servicios básicos y manufactura), en el urbano las actividades dominantes son las del sector secundario y terciario (comercio, transporte, servicios sociales, tecnológicos, intelectuales, etc.).

### **2. Lugar de Nacimiento**

En el medio urbano la migración es más frecuente, por

lo que se tendrá mayor cantidad de personas no nacida en la comunidad.

### **3. Densidad**

Ésta característica nos indica en relación al territorio cuan dispersa o concentrada se encuentra la población, la población más concentrada es la urbana, caso contrario es la rural.

Los datos usados fueron extraídos de la base de datos del censo del INE de 2012.

Las características espaciales y funcionales son:

### **4. Patrón de Ocupación**

Los patrones ya observados y clasificados como urbano o rural, y su frecuencia en el territorio de las comunidades, indican su tendencia rural o urbana de crecimiento.

### **5. Tipos de Configuración de Propiedad**

Las tipologías y su cantidad de veces en porcentaje encontrada en las comunidades, indican la tendencia urbanizadora o ruralizadora de ellas.

### **6. Usos de Suelo**

La superficies del suelo destinadas a las actividades económicas, sean primarias secundarias o terciarias, también denotan la tendencia del territorio dentro del continuum.

Según la dominancia en cada característica se determina sumando las rurales y urbanas por separado yendo de orden ascendente y descendente el grado de cada una, es decir 1-2 bajo, 3-4 medio y 5-6 alto.

## **CONCLUSIONES**

Cada una de las comunidades tiene características propias y en mayor o menor grado todas presentan ruralidad y urbanidad en su territorio, conjunto a la

ciudad y a las demás comunidades más rurales, todas conforman un sistema de asentamiento humano dinámico y dependiente; es decir, que tanto la ciudad como las demás comunidades se complementan entre sí en sus distintas funciones.

La influencia urbanizadora directa de la ciudad de Tarija se hace presente en las comunidades de Tomatitas y Loma de Tomatitas, en las demás comunidades la urbanidad surge desde ellas, es decir se puede observar que en la región está emergiendo un área de influencia urbana que está en conflicto con la ruralidad ya establecida en el territorio.

El sistema conformado tiene carencias, los centros poblados necesitan complejizar sus actividades sin desechar sus actividades tradicionales, para esta investigación el desarrollo efectivo del sistema requiere la integración de los distintos usos y actividades en el territorio.

Las comunidades se organizan históricamente partiendo de las condiciones naturales: topografía, hidrografía, geografía, etc., es por ello que los caminos vecinales e internos de las parcelas productivas son bastante quebrados y que los límites entre uno y otros son sutiles espacialmente, de esta manera el territorio, a pesar de haber sido modificado artificialmente, aún conserva sus rasgos naturales formando parte de un paisaje cultural complejo en diálogo con la naturaleza.

El acceso a una vía principal es otra condición que estructura el territorio, pues las comunidades necesitan vincularse entre sí y con los centros urbanos más próximos, en el caso de las vías principales, suelen ser regulares con quiebres más suaves y tramos rectos largos, esto significa la necesidad de mayores modificaciones a las condiciones naturales de la tierra, en la intersección de estos ejes estructurantes suelen concentrarse en mayor cantidad las viviendas, generándose nodos.

Los centros poblados han empezado a importar la

estructura reticulada urbana, que en algunas áreas se inserta sin grandes modificaciones naturales, pero en otras si involucra más daños ambientales y modificación de la estructuración previamente planteada, el daño se incrementa cuando los manzanos de la retícula se subdividen en parcelas cerradas y relacionadas entre sí sólo por medio de las vías, el producto es un territorio con espacios anónimos carentes de referencias naturales o culturales, muy característico de la ciudad boliviana contemporánea.

## DISCUSIÓN

La investigación demuestra que la delimitación del territorio exclusivamente urbano es un proceso complejo e impreciso, en el que se deben tomar en cuenta mixtas y complejas variables cuantitativas y cualitativas, si bien se pueden agregar muchas más variables, las que aquí se exponen demuestran la necesidad del estudio multidisciplinario de los límites aun difusos de la ciudad y el campo.

La definición de un espacio rururbano en el continuum territorial amplía la visión de este, dando lugar a nuevas perspectivas desde las que se puede abordar el estudio del territorio con el propósito de comprender y posteriormente intervenir en cada una de las gradaciones, cada una con particularidades específicas producidas por las hibridación heterogénea del territorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Zubieta, Mauricio; García Serhan, Dennis; Arman Dugón, Andrés Loza; Argote Adrián, Albert Hans (2015). Propuesta metodológica para el ordenamiento territorial en áreas con actividad industrial de pequeña escala. Cooperación suiza, SWISS Contact. Cochabamba, Bolivia.
- Ardila Silva, Hermano Ariosto; Vergara Vergara, Wilson. El modelo de agropolis frente a la dialéctica ciudad-campo.

- Ávila Sánchez, Héctor (2005). Lo urbano-rural, ¿Nuevas expresiones territoriales? UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. Cuernavaca, México.
- Baigorri, Artemio (1995). De lo rural a lo urbano. Granada, España. V Congreso Español de Sociología.
- Barros, Claudia (2005). Identidades entre lo urbano y lo rural. Sao Paulo, Brasil.
- Borda, Alberto; López, Javier; Landaeta, Graciela; Cabrera, Juan E; Challapa, Lucero; Macías, Marco; Cruz, Saúl; Quiroga, José; Rocha, Fidel (2014). Instrumentos de Gestión de Suelo: Propuesta para la Gestión Urbana Metropolitana. CEUR/CAC. Cochabamba, Bolivia.
- Carut, Claudia Beatriz; Palacios, Paula; Delménico, Agustín. La delimitación del rururbano, Análisis de los ámbitos territoriales en el Partido del Monte, provincia de Buenos Aires (Argentina).
- Camarero, Luis Alfonso (1993). Del éxodo rural y del éxodo urbano, ocaso y renacimiento de los asentamientos rurales en España. Madrid, España.
- Cardoso, María Mercedes (2012). Revisión de la definición del espacio rururbano y sus criterios de delimitación. Conicet. Blanca, Argentina.
- Gobierno Autónomo Municipal de San Lorenzo (2008). Plan Municipal de Ordenamiento Territorial. S.I.C Srl. Tarija, Bolivia.
- Gobierno Autónomo Municipal de San Lorenzo (2012). Plan de Desarrollo municipal 2013-2017. Tarija, Bolivia.
- Kingman Garcés, Eduardo; Garza, Gustavo (1987). Las ciudades en la transición al capitalismo; Modo de producción y urbanización. Quito, Ecuador.
- Lamy, Brigitte. (2006). Estudios demográficos y urbanos. Distrito federal, México.
- López De Lucio, Ramón (1993). Ciudad y urbanismo a fin del siglo XX. Servei Publicacions. Valencia, España.
- Linch, Kevin. La imagen de la ciudad.
- Marx, Carlos; Engels, Federico. (1872) Manifiesto Comunista. Ediciones Elaleph.
- Matthews, Caitlin (Agosto 2015). Bolivia, seguridad alimentaria y nutrición. Clínica de Leyes y Políticas Alimentarias de Harvard.
- Maya, Esther (1997). Métodos y técnicas de investigación. UNAM, Facultad de Arquitectura. Distrito Federal, México.
- Ministerio de Planificación del Territorio. (2013) Criterios de definición de radio o área urbana y su proceso de homologación.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Guía metodológica para la formulación de planes de ordenamiento territorial en municipios predominantemente urbanos. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Obras Públicas Servicios y Viviendas (2014). Guía técnica para el ordenamiento de áreas urbanas. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Planificación del Territorio (2010). Propuesta de guía metodológica para la formulación de planes de ordenamiento territorial. La Paz, Bolivia.
- Nogar, Ada Graciela; Annesi, Gustavo Javier; Capristo, María Valeria. Discusión teórica conceptual acerca de los territorios rururbanos. Estudio comparativo.
- Nogue I Font, Joan. El fenómeno neorrural. Barcelona, España.

- Ramírez Pardo, Edwin (2013). El cálculo del efecto plusvalía y su relación como instrumento de gestión con las actividades económicas adscritas al régimen de uso de suelo en el desarrollo urbano de Bogotá D.C. - Colombia. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Arquitectura y Diseño Bogotá D.C.
- Rangel Mora, Maritza. Redes de espacios públicos y ejes ambientales estructurantes grupo de investigación en calidad ambiental urbana. Facultad de Arquitectura y Diseño. Venezuela.
- Rossiter, David G. (1994). Evaluación de tierras. Cochabamba, Bolivia.
- Samaniego Gonzalez, Francisco (1979). La ciudad capitalista: un valor de uso complejo. México.
- Sayadi Gmada, Samir (2001). Ciudad versus campo: el papel de los neorrurales en el desarrollo rural sostenible de la comarca Albujarra. España.
- Sosa Velásquez, Mario (2012). ¿Cómo entender el territorio? Guatemala, Guatemala. Editorial Cara Parens.
- Torrico F. Escarley. De la regularización a la consolidación del latifundio urbano. Problemática urbana, CEDIB. La Paz, Bolivia.
- Veiga, Danilo. Desigualdades sociales y fragmentación urbana. Uruguay.
- Verdaguer, Carlos (2000). De la sostenibilidad a los ecobarrios. Portugal.

FIGURA 1

## ESTRUCTURA VIAL Y USOS DEL SUELO

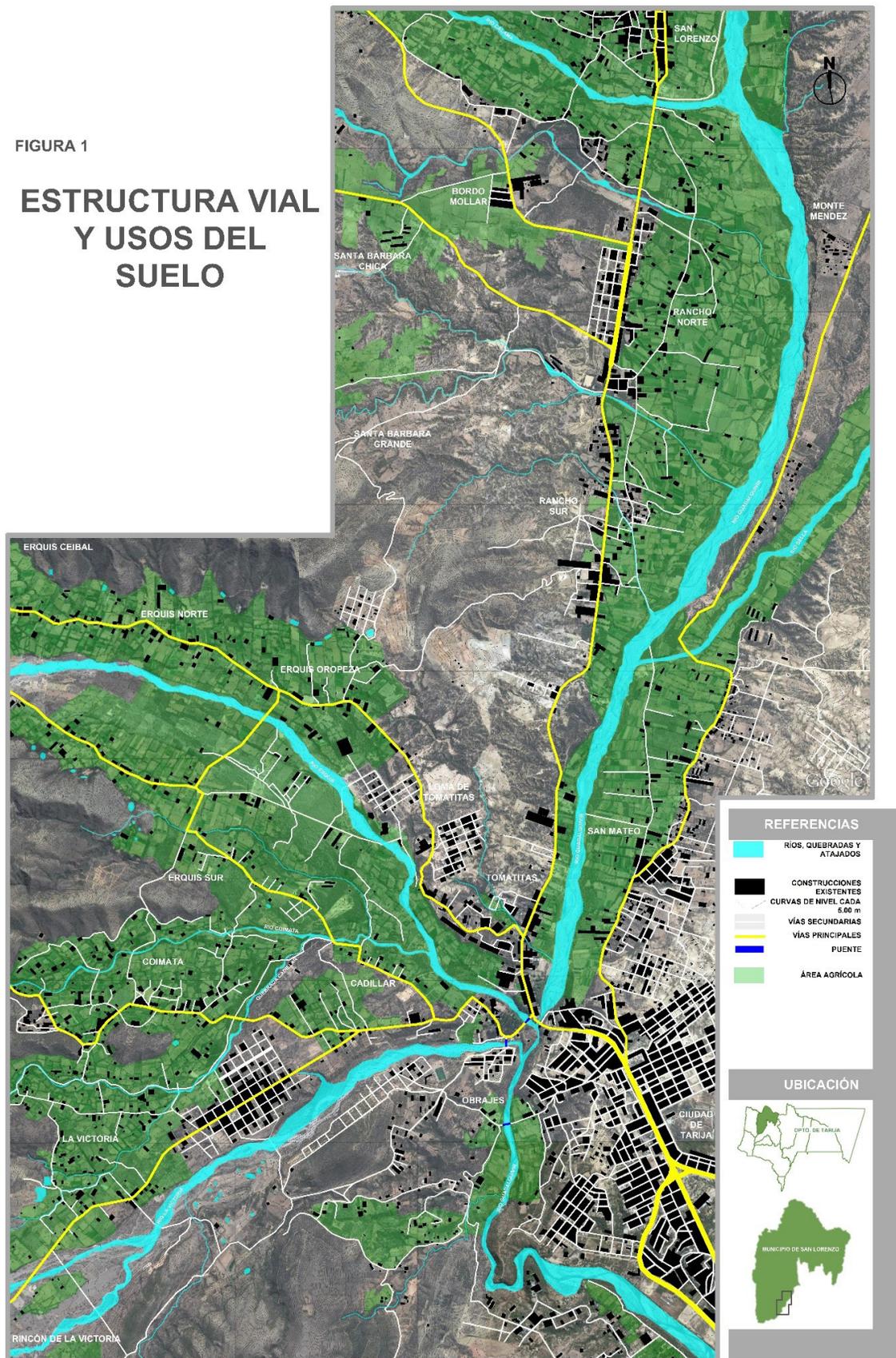
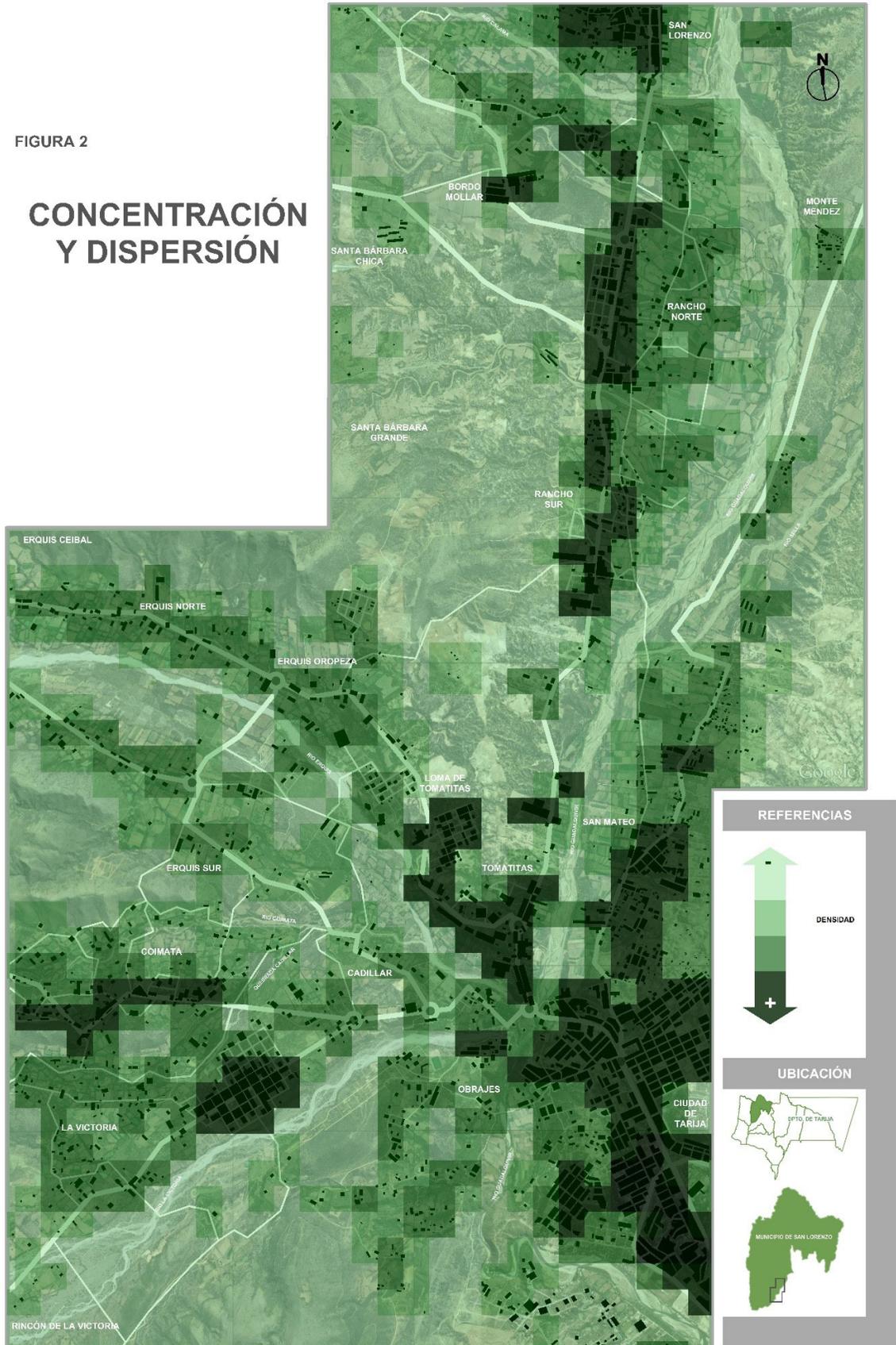


FIGURA 2

# CONCENTRACIÓN Y DISPERSIÓN

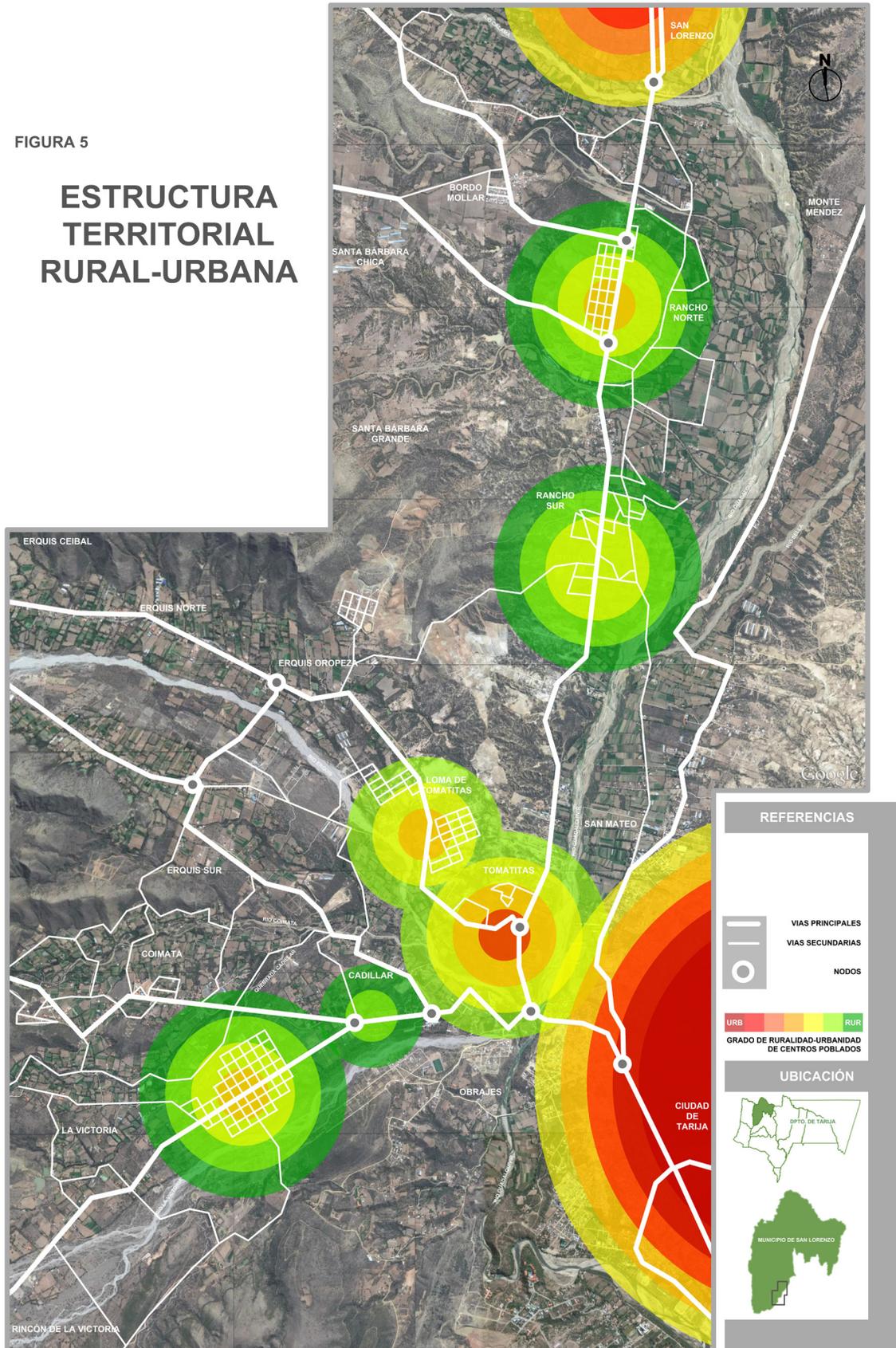


**TABLA N° 4**  
**IDENTIFICACIÓN DE GRADO DE RURURBANIDAD**  
**CARACTERÍSTICAS**

COMUNIDADES	ACTIVIDAD ECONÓMICA	LUGAR DE NACIMIENTO	DENSIDAD	PATRÓN DE OCUPACIÓN	CONFIGURACIÓN DE PROPIEDAD	CUANTIFICACIÓN DE USOS DE SUELO	GRADO
LA VICTORIA	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>13.277</b> HAB./HA		<p>R1 R4 R2 &lt; U1 U4 U2 U5 U3 U6</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD MEDIO RURALIDAD MEDIO
CADILLAR	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>5.157</b> HAB./HA		<p>R1 R2 &gt; U1 U2 U3</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD BAJO RURALIDAD ALTO
TOMATITAS	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>67.513</b> HAB./HA		<p>R1 R4 R2 R5 &lt; U1 U4 U2 U5 U3 U6 R3</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD ALTO RURALIDAD BAJO
LOMA DE TOMATITAS	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>6.949</b> HAB./HA		<p>R1 R4 R2 &lt; U1 U4 U2 U5 U3 U6</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD MEDIO RURALIDAD MEDIO
RANCHO SUR	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>3.638</b> HAB./HA		<p>R1 R4 R2 R5 &gt; U1 U4 U2 U3 R3</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD BAJO RURALIDAD ALTO
RANCHO NORTE	<p>■ PRIMARIO ■ SECUNDARIO ■ TERCIARIO</p>	<p>■ AQUÍ ■ OTRO LUGAR DEL PAÍS ■ EL EXTERIOR</p>	<b>3.585</b> HAB./HA		<p>R1 R4 R5 &gt; U1 U4 U2 U3 R3</p>	<p>■ AGRÍCOLA ■ GANADERÍA ■ FORESTAL ■ OTROS</p>	URBANIDAD BAJO RURALIDAD ALTO

FIGURA 5

# ESTRUCTURA TERRITORIAL RURAL-URBANA



## LA AFECTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PATRIMONIO CULTURAL A LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UN ESTUDIO DE CASO

AYARDE PONCE MARÍA TERESA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo de la UAJMS

Correo electrónico: mayteayarde@hotmail.com

### RESUMEN

El hombre en todos los tiempos y lugares donde se ha establecido transitoria o permanentemente, ha dejado huellas de su actividad creadora, la cual ha permitido tener un conocimiento de sus costumbres, mitos, sentido religioso, de su sensibilidad en general, de su visión del mundo y de los medios que empleó para adaptarse a él o modificarlo.

El Patrimonio cultural está constituido por “el conjunto de obras, testimonios y representaciones que han hecho los seres humanos y que reflejan su forma de sentir, de pensar, de vivir, en su casa, su barrio o su ciudad, a través del tiempo. Es un conjunto de bienes que se heredan generación tras generación, que nos pertenecen a todos y que nos corresponde conservar y enriquecer para entregarlos a las generaciones venideras.

Cuando hablamos del patrimonio arquitectónico histórico o artístico, debemos entender que es el constituido por todos aquellos bienes culturales vinculados con la historia de una nación, que también pueden ser considerados monumentos y reconocerles valores excepcionales.

En el patrimonio cultural se pueden identificar bienes tangibles e intangibles: reconocemos a los intangibles como aquellos bienes que no tienen presencia física, como las tradiciones orales, las historias, las leyendas, las danzas populares, entre otros. Los bienes tangibles por el contrario, son objetos materiales entre los que se encuentran los inmuebles y muebles.

La riqueza arquitectónica, que conforma el Patrimonio Cultural de nuestro Estado es enorme, y como testimonio histórico de nuestro desarrollo, forjado por

quienes nos precedieron a través de siglos de existencia, es invaluable. Es una herencia que, nos corresponde conocer, cuidar, valorar, aprovechar y legar responsablemente a las siguientes generaciones. Para esta tarea la Dirección de Conservación del Patrimonio Cultural Arquitectónico, es la instancia encargada de la investigación, la protección y conservación de tan importantes valores. Es importante realizar este trabajo porque servirá de un Modelo académico de restauración del patrimonio. También se tendrá informe técnico desarrollado y publicado nos servirá como base para la conservación de Monumentos con valor Patrimonial metodologías y técnicas innovadoras que también se pueden reproducir y transmitir a otros patrimonios de la región y nuestro País.

### PALABRAS CLAVE

Patrimonio Cultural, intangibilidad, materiales de construcción, cambio climático.

### ABSTRACT

Man in all times and places where has been established temporarily or permanently, has left traces of his creative activity, which has allowed to have a knowledge of their customs, myths, religious consciousness, of its sensitivity in general, of his vision the world and the means employed to adapt to it or modify it.

Cultural heritage is constituted by “the whole works, testimonies and representations made by human beings and that reflect his way of feeling, thinking, living, in your home, your neighborhood or your city through time. It is a set of properties that are inherited generation after generation, which belong to us all, and that is for us to preserve and enrich to deliver to future generations.

When we talk about historical or artistic architectural heritage, we must understand that it is made by all those cultural goods associated with the history of a nation, that can also be considered monuments and recognize values exceptional.

In the cultural heritage tangible and intangible assets can be identified: recognize intangible assets as those goods that have no physical presence, such as oral traditions, stories, legends, popular dances, among others. Tangible goods on the other hand, are material objects which include real estate and furniture.

The architectural wealth that makes up the Cultural heritage of our State is huge, and as historical evidence of our development, forged by those who preceded us through centuries of existence, is invaluable. It is a heritage which, we know, care, value, leverage and responsibly to bequeath to the next generations. For this task the direction of conservation of the architectural Cultural heritage, is the instance responsible for research, protection and preservation of important values. It is important to make this work because it will serve as an academic model of restoration of the heritage. You will also have developed and published technical report will serve us as a basis for the conservation of monuments with Patrimonial value methodologies and innovative techniques which can also reproduce and transmit to other heritages of the region and our country.

## KEYWORDS

Cultural heritage, Intangibility, Building Materials, Climate Change.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo se está perdiendo los Patrimonios Culturales Arquitectónicos por el cambio climático. La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural celebrada en 1972 surge tras la necesidad de identificar algunos de los bienes inestimables e irremplazables de las naciones. De este modo nace la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO; un legado de monumentos y lugares de una gran riqueza natural y cultural que pertenece a toda la humanidad.

Los sitios inscritos en esta lista cumplen una función de símbolos que reflejan la toma de conciencia de los Estados y los pueblos sobre la relevancia que esos lugares tienen para la humanidad y su importancia para las generaciones futuras.

Actualmente, la Lista de Patrimonio Mundial está formada por 936 localizaciones, de las cuales, 725 son bienes culturales, 183 bienes naturales y 28 bienes mixtos. La desaparición de cualquiera de dichos bienes representaría una pérdida invaluable para toda la humanidad. Una amenaza cada vez más inminente.

El cambio climático se está convirtiendo en una de las amenazas más significativas para algunos de los lugares que albergan el Patrimonio Mundial. Así lo afirma el informe titulado “Patrimonio Mundial y Turismo en un Clima Cambiante” publicado recientemente por la UNESCO y elaborado conjuntamente junto al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Unión de Científicos Comprometidos (USC).

Este nuevo informe contempla 31 lugares de interés cultural y natural inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial que, repartidos por 29 países, se encuentran en la actualidad en una situación de vulnerabilidad ante los fenómenos que se derivan del cambio climático: el aumento de las temperaturas, el retroceso de los glaciares, la subida del nivel del mar, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías o el mayor riesgo de incendios. Entre sus páginas se proporciona una visión general de su situación de riesgo así como de las posibles implicaciones que podría acarrear su pérdida para el turismo.

En el Estado plurinacional de Bolivia también se está perdiendo patrimonios Arquitectónicos debido a la afectación del cambio climático porque no existe presupuesto e interés de las autoridades para salvaguardar estos Patrimonios Arquitectónicos, estos patrimonios son afectados debido a falta de conservación de los materiales de construcción o porque fueron abandonados por sus dueños y no tuvieron apoyo para conservarlos.

En Tarija en nuestra ciudad existe muchos patrimonios públicos y privados que son afectados por causa

del Cambio Climático y falta de conservación son eliminados con valor Arquitectónico de diferentes estilos Arquitectónicos, no existe políticas ni presupuestos de ninguna entidad pública que se interese en Restaurarlos o interés privado. Pasa porque se encuentran en áreas casco Urbano Central (históricas) donde deben cumplir las normas de construcción y estas son afectadas económicamente por el valor de uso.

## JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, la comunidad científica internacional concuerda ampliamente en que el cambio climático será uno de los grandes desafíos del siglo XXI. En los últimos años se han vuelto cada vez más evidentes tanto el alcance mundial de sus consecuencias adversas como el hecho de que los más afectados serán los más pobres y desfavorecidos del planeta, justamente aquellos menos preparados para lidiar con sus efectos devastadores.

La amplitud de esta inminente amenaza global justifica la acción por parte de la UNESCO en su calidad de organismo de las Naciones Unidas especializado en educación, ciencia, cultura y comunicación. De hecho, a través de más de treinta programas dedicados al desarrollo sostenible, a las ciencias del clima, a la adaptación, al seguimiento y al mejoramiento, la UNESCO coordina un amplio espectro de iniciativas vinculadas con el cambio climático a nivel mundial. Ello incluye proyectos relacionados con la decoloración del coral, la acidificación de los océanos, el ciclo hidrológico, las reservas montañosas de biosfera, las tierras áridas y la desertificación, para mencionar sólo unos pocos. Fiel a su misión de servir como laboratorio de ideas y centro de intercambio de información y conocimiento, la UNESCO ha organizado foros internacionales y elaborados informes y libros sobre el tema, comprendida la publicación titulada “El Cambio Climático” en 2005, dirigida al público no especializado. El impacto potencial del cambio climático en el patrimonio cultural y natural de la humanidad es otro tema que concita creciente preocupación. En 1972, los Estados Miembros de la UNESCO adoptaron la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y

Natural con el objetivo de crear un marco apropiado para la preservación de nuestro patrimonio común, en beneficio tanto de las generaciones actuales como de las futuras. En aquel momento, la comunidad internacional no era completamente consciente de la amenaza velada que representa el cambio climático para los sitios del Patrimonio Mundial. Sin embargo, en las dos últimas décadas, los principales expertos han comenzado a advertirnos de que el frágil equilibrio ecológico de nuestro planeta podría verse dramática e irremediamente alterado como consecuencia de ciertas actividades humanas no controladas. La aprobación de la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial en 2003 puso de manifiesto no sólo la creciente conciencia de la interdependencia del patrimonio material y el patrimonio inmaterial y la importancia en términos generales, de salvaguardar la diversidad cultural, sino también que era preciso adoptar un punto de vista integrado con respecto a los problemas asociados a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible.

La UNESCO está comprometida en trabajar junto a todos los actores pertinentes, la sociedad civil y la comunidad científica, para enfrentar los múltiples desafíos impuestos por el cambio climático al frágil e irremplazable patrimonio mundial cultural y natural. Confío en que esta publicación contribuya a despertar la conciencia internacional y a promover respuestas adecuadas de parte de los responsables de la toma de decisiones de todo el planeta.

El hombre en todos los tiempos y lugares donde se ha establecido transitoria o permanentemente, ha dejado huellas de su actividad creadora, la cual ha permitido tener un conocimiento de sus costumbres, mitos, sentido religioso, de su sensibilidad en general, de su visión del mundo y de los medios que empleó para adaptarse a él o modificarlo.

El Patrimonio cultural está constituido por “el conjunto de obras, testimonios y representaciones que han hecho los seres humanos y que reflejan su forma de sentir, de pensar, de vivir, en su casa, su barrio o su ciudad, a través del tiempo. Es un conjunto de bienes que se heredan generación tras generación, que nos

pertenecen a todos y que nos corresponde conservar y enriquecer para entregarlos a las generaciones venideras.

Cuando hablamos del patrimonio arquitectónico histórico o artístico, debemos entender que es el constituido por todos aquellos bienes culturales vinculados con la historia de una nación, que también pueden ser considerados monumentos y reconocerles valores excepcionales.

En el patrimonio cultural se pueden identificar bienes tangibles e intangibles: reconocemos a los intangibles como aquellos bienes que no tienen presencia física, como las tradiciones orales, las historias, las leyendas, las danzas populares, entre otros.

Los bienes tangibles por el contrario, son objetos materiales entre los que se encuentran los inmuebles y muebles.

La riqueza arquitectónica, que conforma el Patrimonio Cultural de nuestro Estado es enorme, y como testimonio histórico de nuestro desarrollo, forjado por quienes nos precedieron a través de siglos de existencia, es invaluable. Es una herencia que, nos corresponde conocer, cuidar, valorar, aprovechar y legar responsablemente a las siguientes generaciones.

Para esta tarea la Dirección de Conservación del Patrimonio Cultural Arquitectónico, es la instancia encargada de la investigación, la protección y conservación de tan importantes valores.

Es importante realizar este trabajo porque servirá de un Modelo académico de restauración del patrimonio. También se tendrá informe técnico desarrollado y publicado nos servirá como base para las conservación de Monumentos con valor Patrimonial metodologías y técnicas innovadoras que también se pueden reproducir y transmitir a otros patrimonios de la región y nuestro País.

*Objetivo particular en esta muestra son los más de 800 lugares Patrimonio de la Humanidad que la Unesco considera están en peligro, junto a otros bienes en riesgo, como los archivos digitales físicos o en internet, que pueden desaparecer para siempre.*



## 1. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Promover la implementación de técnicas innovadoras y tecnologías del Patrimonio Arquitectónico Cultural tomando en cuenta el impacto afectado y el contexto por el cambio climático.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar la pertinencia de las técnicas constructivas de Patrimonio Cultural Arquitectónico y uso de materiales tradicionales del lugar de ejecución, que no afecten el medio ambiente.
- Determinar el impacto de la deforestación, de los yacimientos de materias primas para la elaboración de materiales constructivos como el cemento (piedra caliza, tala de árboles, y la extracción de áridos).
- Analizar la tecnología aplicada, del Patrimonio arquitectónico en un contexto afectado por el cambio climático.

### 1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los factores que inciden en la variación de la tecnología, de la construcción del Patrimonio Arquitectónico en un contexto afectado por el cambio climático?
2. ¿Cuál es el nivel de impacto provocado en el medio ambiente por deforestación y la extracción de materiales de construcción?
3. ¿Qué tecnologías innovadoras se realizaran para la conservación del Patrimonio arquitectónico?

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CIUDADES Y MONUMENTOS DEL PATRIMONIO MUNDIAL

El cambio climático provoca principalmente riesgos físicos. Pero a su vez, éstos tienen consecuencias sociales y culturales. Cuando se trata de patrimonio “dinámico”, es decir, de edificios y paisajes en que la gente vive, trabaja, reza o simplemente se reúne, es importante subrayar las consecuencias culturales. Estas consecuencias pueden deberse a la degradación del bien considerado. Pero el cambio climático puede obligar a la población a migrar (bajo la presión del aumento del nivel del mar, de la desertificación, de inundaciones, etc.) conduciendo a la ruptura de comunidades y al abandono de sus propiedades inmuebles, con la posible pérdida de rituales y memoria cultural.

La madera y otros materiales orgánicos de construcción pueden sufrir un aumento de las infecciones biológicas, como resultado de la migración de parásitos hacia mayores altitudes o hacia áreas que no sufrían tales problemas en el pasado. Las inundaciones, constituidas invariablemente de aguas erosivas por su rápido flujo, producen daños en los materiales de construcción no diseñados para soportar inmersiones prolongadas. Además, al retirarse las aguas proliferan los microorganismos dañinos como los hongos, favorecidos por la humedad. La erosión costera, causante de que la línea de la costa evolucione tierra adentro puede amenazar a ciertos edificios costeros de destrucción total. Más tormentas y vientos violentos pueden provocar daños estructurales tanto en estructuras enteras como en elementos particularmente vulnerables. Desertificación, salinidad y erosión amenazan el patrimonio cultural en zonas áridas.

En lo que concierne a la conservación del patrimonio cultural estos abandonos provocan gran preocupación en contextos en que conocimientos y habilidades tradicionales son esenciales para asegurar el mantenimiento apropiado de estos bienes. En este sentido los cambios biológicos (con el desplazamiento de especies) pueden también tener un impacto en los problemas de conservación, a causa de la reducción de la disponibilidad de especies nativas necesarias para la reparación de

estructuras y edificios.

La evaluación de los impactos del cambio climático sobre el Patrimonio Mundial cultural debe, por lo tanto tener en cuenta las complejas interacciones entre los aspectos naturales, culturales y sociales.

Existe un consenso general en que el clima del planeta está cambiando rápidamente, y en que las actividades humanas contribuyen significativamente a este cambio.

El cambio climático está considerado hoy en día como uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI.

La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, adoptada por la UNESCO en 1972, aspira a asegurar que destacados sitios alrededor del mundo sean efectivamente preservados y legados a las generaciones futuras. No es una tarea fácil, dado que a causa del cambio climático los glaciares se están derritiendo, animales y plantas están migrando fuera de las áreas protegidas para adaptarse a un medio ambiente cambiante, las pestes se están expandiendo, la erosión costera está avanzando a causa del aumento del nivel del mar, la frecuencia e intensidad de las tormentas está cambiando y la banquisa se está reduciendo. Los bienes del Patrimonio Mundial ubicados en estos ambientes se ven también amenazados por estos cambios.

### 2.2. LA SUPERFICIE DE VARIOS PAÍSES, EN PELIGRO

El aumento de las temperaturas promedio reduciría además notoriamente la superficie de algunos países. Hasta 12 naciones podrían perder la mitad de su actual territorio si se diera un calentamiento global de tres grados. Entre las regiones más afectadas estarían algunas naciones del sudeste asiático así como el estado norteamericano de Florida.

Y las inundaciones no son la única consecuencia amenazante del cambio climático. Según el estudio, Australia deberá prepararse para combatir mayores incendios en el futuro, ya que en el último siglo el continente registró un calentamiento de un grado y siete de los diez años más calurosos que registró fueron

a partir de 1998, según un informe publicado este martes por el instituto meteorológico local.

El instituto sostiene que es difícil distinguir qué es consecuencia del cambio climático y qué es producto de las fluctuaciones naturales.

Sin embargo, el informe apunta a su vez que es “altamente improbable” que las olas de calor que vivió Australia estos último dos veranos hayan tenido origen exclusivamente en las variaciones naturales.

### **2.3. AMÉRICA LATINA NO ESCAPA AL PELIGRO.**

En la región, existen 6 sitios entre naturales y culturales que sufren los efectos del cambio climático.

Este número se desprende del estudio global “Patrimonio Mundial y Turismo en un clima cambiante” elaborado por la Unesco, el Programa Medioambiental de Naciones Unidas (UNEP), y la Unión de Científicos Preocupados (UCS).

#### **2.3.1. CARTAGENA, COLOMBIA**

El puerto de Cartagena posee el conjunto de fortificaciones más completo de toda Sudamérica, con su catedral, palacios de estilo andaluz, antiguas residencias, etc.

Derechos de autor de la imagen Unesco. La arquitectura de Cartagena de Indias está en riesgo por el cambio climático.

Luego de 500 años de la llegada de los primeros españoles sobre estas tierras, la ciudad disfruta del boom turístico que genera empleos y revitalización económica.

Las ciudades más vulnerables al peligro de inundaciones catastróficas

Sin embargo, el rápido aumento del nivel del mar e inundaciones costeras, están poniendo estos históricos desarrollos en situación de riesgo.

También una mayor intensidad de las tormentas amenaza varios barrios pobres costeros, según señala el informe.

Planes de desarrollos para paliar y prevenir situaciones con el propósito de frenar el impacto del cambio climático se están llevando a cabo en los edificios históricos y monumentos.

#### **2.3.2.- CORO Y SU PUERTO, VENEZUELA**

Con sus construcciones, la ciudad de Coro es el único ejemplo actual de la fusión de técnicas y estilos autóctonos, mudéjares españoles y holandeses.

Fundada en 1577, fue una de las primeras ciudades coloniales de América y posee unos 600 edificios históricos, según describe la Unesco.

Las islas del Pacífico que desaparecen bajo las aguas

Derechos de autor de la imagen David Geldhof UNES- CO Image caption El cambio climático hace peligrar los centenarios edificios de la ciudad venezolana de Coro.

Coro fue puesto en la Lista de Patrimonio Mundial en Peligro en 2005 como resultado de los daños significativos sufridos por las inusuales e intensas lluvias y tormentas de 2004 y 2005.

#### **2.4. AMÉRICA CENTRAL Y LA REGIÓN DEL CARIBE**

Fueron identificadas como uno de las partes tropicales del mundo más sensible al cambio climático ya que registró un marcado aumento de los fenómenos meteorológicos extremos incluyendo sequías, tormentas e inundaciones en los últimos 30 años, agrega el estudio.

##### **2.4.1. ISLAS GALÁPAGOS, ECUADOR**

Son 19 islas situadas en el Pacífico, a unos 1.000 kilómetros del subcontinente sudamericano. Son de origen volcánico y su reserva marina circundante son un museo y un laboratorio vivientes de la evolución, describe la Unesco.

La riqueza que compone este conjunto de islas inspiró al naturista inglés Charles Darwin a desarrollar su teoría de la evolución por selección natural.

Las principales amenazas para la biodiversidad de las Islas Galápagos en las últimas décadas fueron el turis-

mo y el crecimiento de la población, la introducción de especies exóticas e invasoras, y la pesca ilegal.

Ahora hay que agregarle el cambio climático.

El misterio de las miles de toneladas de sardinas muertas que aparecieron en el sur de Chile

El aumento del nivel del mar, calentamiento de los océanos y la atmósfera, acidificación de los océanos y los cambios en las precipitaciones y eventos extremos, pueden tener negativas consecuencias para los ecosistemas de las islas.

Según el informe, el factor clave será ver cómo el fenómeno climático de El Niño y otros eventos cíclicos se manifiesten en medio del calentamiento global y cómo las corrientes del océano responden.

“Las conclusiones del informe ponen de relieve que alcanzar el objetivo de limitar el aumento global de la temperatura a un nivel muy por debajo de 2 grados centígrados establecido en el Acuerdo de París es de vital importancia para la protección de nuestro patrimonio mundial, para las generaciones actuales y futuras”, agrega Rössler.

#### **2.4.2. PARQUE NACIONAL HUASCARÁN, PERÚ**

El parque lleva el nombre del monte Huascarán que se encuentra en la Cordillera Blanca, la cadena montañosa tropical más alta del mundo, que se alza a 6.768 metros sobre el nivel del mar. Las reservas de agua podrían no alcanzar para la población que habita cerca del Parque Nacional Huascarán, en Perú.

En sus profundas quebradas, con lagos glaciares y abundante y variada vegetación, viven especies animales como el oso de anteojos y el cóndor andino.

¿Qué hace que el Polo Norte se esté moviendo hacia las islas británicas?

Los recientes cambios en el clima han marcado grandes impactos en la región provocando la reducción del tamaño de los glaciares, mientras que muchos han desaparecido.

Esto causa preocupación sobre la disponibilidad del agua para satisfacer la creciente población.

Además, el derretimiento de los glaciares expone roca rica en metales pesados, como plomo, arsénico y cadmio, metales tóxicos que terminan en los ríos y que afectan a la calidad del agua y del suelo.

#### **2.4.3. RESERVA DE MATA ATLÁNTICA DEL SURESTE, BRASIL**

La mata atlántica es un conjunto de reservas situadas en los estados de Paraná y Sao Paulo que incluyen desde montañas cubiertas por tupidos bosques hasta pantanos e islas costeras con colinas y dunas asiladas.

La suba del nivel del mar y el clima extremo se convirtieron en una amenaza para la mata atlántica.

El desarrollo urbano, la explotación de la tierra, la tala de árboles ilegal son los principales factores que dañan ese ecosistema.

Más carbohidratos y menos nutrientes: las inesperadas consecuencias nutricionales del cambio climático

El cambio climático, traducido en el aumento de los niveles del mar y los extremos en el clima, recientemente también se transformó en una amenaza provocando inundaciones, deslizamientos de tierra y causando la degradación del hábitat y pérdidas.

#### **2.4.4. ISLA DE PASCUA, CHILE**

El parque Nacional Rapa Nui (nombre indígena de la Isla de Pascua) aún conserva restos de una comunidad de origen polinesio asentada allí en año 300 d.C., con grandiosas formas arquitectónicas y esculturales como los numerosos “moai”.

Los descubrimientos arqueológicos corren peligro por el cambio climático.

Según el informe, el impacto del cambio climático en Rapa Nui se proyecta sobre la escasez de agua por la reducción de lluvias, la suba del nivel del mar, las inundaciones y la erosión de la costa en donde se encuentran gran concentración de atracciones arqueológicas.

Las enfermedades que viajan con la corriente de El Niño

“Algunas estatuas de Isla de Pascua están en riesgo de perderse en el mar debido a la erosión costera”, señala Adam Markham, autor principal del informe y director adjunto del Programa de Clima y Energía de UCS.

“El cambio climático podría llegar incluso a que algunos sitios pierdan su condición del patrimonio mundial”, agrega.

El informe resalta también que el turismo representa una amenaza para muchos sitios del patrimonio mundial, especialmente en lugares frágiles como las Galápagos, que cuando se añade el cambio climático a la mezcla, se convierte en un multiplicador de amenazas.

Aspectos teóricos, históricos, legales, económicos y tecnológicos de la protección, conservación y valoración de los bienes del patrimonio cultural tangible. Planificación y gestión sostenible de los bienes del patrimonio cultural (arquitectónico, ingenieril, arqueológico) y paisajístico. Circuitos turísticos culturales.

Palabras clave: Cambio climático - Turismo Cultural - Patrimonio Cultural - Vulnerabilidad y Adaptación.

El clima es un activo para la actividad turística, ya sea por ser en sí mismo un atractivo que motiva a las personas a desplazarse de su lugar de residencia habitual a otro lugar con clima disímil, o porque los efectos del cambio climático causarían drásticos cambios en destinos turísticos peculiares, incluidos en ellos la aparición o intensificación de enfermedades, como así también, la afectación que tales cambios tendrían o tienen en el patrimonio tangible de uso turístico. El riesgo que genera el Cambio Climático en los recursos culturales turísticos se intensifica cuando el bien es vulnerable, generando en él impactos, que de no mediar acciones de adaptación ocasionarían la pérdida de los recursos que son la base del Turismo Cultural, sustento económico de ciertas comunidades. Ante tales problemáticas cobra importancia el estudio de la gestión pública y privada de las acciones de adaptación de los bienes culturales entre ellos el patrimonio cultural tangible. Partiendo del supuesto de que el Riesgo es a la relación entre las amenazas

climáticas y la vulnerabilidad del bien, el objetivo del presente informe es:

1. Identificar y sistematizar las amenazas climáticas.
2. Tipificar las acciones de adaptación al cambio climático.
3. Describir la gestión público privada de los bienes culturales en la Región Metropolitana de Buenos Aires. d.) Referir al estado de defeción del patrimonio de la región observada que hace a su vulnerabilidad.
4. Caracterizar los impactos al patrimonio según tipo de amenazas.
5. Describir los contenidos de un protocolo para la protección y conservación en bienes culturales tangibles de la Región Metropolitana de Buenos Aires.

Para el estudio de la gestión público y privada del riesgo se adoptó la perspectiva teórica de LA RED (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina). Para identificar y caracterizar en forma general las amenazas del Cambio Climático se consultaron fuentes secundarias tales como los informes del IPCC 2003, 2007, y 2013/14, documentos del ICOMO y UNESCO, y para tipificar las acciones de adaptación al mismo se utilizaron los aportes del documento El Programa Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres y Desarrollo Territorial (PNUD - ARG. 05/ 20 del 2010) y, las propuestas que realizó OMT PNUMA (2007) para las acciones en el sector turismo. Por otro lado se caracterizaron los impactos del clima en los bienes culturales según Herrera Pupo 2011.

Se diseñó un conjunto de matrices que permiten observar y describir en un territorio determinado (en este caso el AMBA) el Riesgo de Desastres, su impacto en los bienes culturales, y diseñar un protocolo de adaptación ante la ocurrencia de tales eventos para restringir la vulnerabilidad.

## 2.5. TURISMO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El turismo es uno de los mayores sectores económicos y de mayor crecimiento en el mundo del que depende cerca de un 9% del PIB mundial así como 1 de cada 11 puestos de trabajo.

Este sector puede desempeñar un papel positivo para ayudar a asegurar el futuro del Patrimonio Mundial en un clima cambiante. De este modo, el turismo responsable es concebido como un motor para el desarrollo sostenible y para la conservación del patrimonio natural y cultural. Sin embargo, mal planificado puede acabar siendo social, económica y culturalmente perjudicial hasta el punto de provocar la degradación de ecosistemas, paisajes, monumentos y comunidades. ([dt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/backgdavoss.pdf](http://dt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/backgdavoss.pdf))

En el informe también se analiza la estrecha relación entre Patrimonio Mundial y el turismo, y cómo el cambio climático puede exacerbar los problemas causados por el desarrollo mal planificado, el acceso no controlado o mal administrado de visitantes, así como otras amenazas y tensiones relativas a los recursos.

En este sentido, el turístico es un sector muy vulnerable al cambio climático. El incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, la creciente exposición a algunas enfermedades transmitidas por vectores dependientes del clima o la escasez de agua son solo algunos de los aspectos en los que puede verse afectado. La pérdida de especies y la degradación del hábitat natural también incidirán negativamente. El turismo costero es el componente más importante del sector a nivel mundial, y podrá verse muy perjudicado por el aumento del nivel del mar, las inundaciones, la erosión de las playas y las mareas de tempestad.

Basándose en una serie de casos de estudio de los lugares del Patrimonio Mundial en todo el mundo, muchos de ellos destinos turísticos emblemáticos, el informe muestra cómo el clima ha influido en los cambios que se ya se aprecian en la actualidad, y que podrían en un futuro poner en peligro su valor universal excepcional, así como la integridad y autenticidad de estos lugares y las economías de las comunidades que dependen del turismo en ellos.

Los impactos adversos del cambio climático tendrán consecuencias tanto para el conjunto de la humanidad como para los productos de la creatividad humana. En el caso del Patrimonio Mundial cultural edificado estas consecuencias se pondrán de manifiesto al menos de dos maneras: por un lado en el impacto directo en edificios y estructuras, y por otro lado en los efectos en estructuras sociales y hábitats que podrían conducir a modificaciones e incluso a migraciones de las sociedades que actualmente mantienen estos sitios.

El patrimonio cultural está íntimamente ligado al clima local. Los paisajes rurales se han desarrollado en armonía con las especies vegetales capaces de desarrollarse localmente. Los paisajes urbanos y el patrimonio edificado han sido diseñados en función del clima local. La estabilidad del patrimonio cultural está, por ende, determinada por sus interacciones con el medio ambiente. Donde los sitios del Patrimonio Mundial son ocupados y utilizados cotidianamente por las comunidades locales, posiblemente sean necesarios significativos cambios adaptativos.

Se espera que el cambio climático tenga varios impactos físicos directos sobre el patrimonio edificado: Los edificios históricos están más íntimamente ligados al suelo que los modernos. Son más porosos, sus estructuras absorben agua del suelo que se evapora a través de su superficie, generando efectos secundarios de erosión y de corrosión. Las interfaces representadas por sus paredes y pisos son las superficies de intercambio para estas reacciones. El incremento de la humedad del suelo puede resultar en una mayor circulación de sales disueltas y con ella en una mayor cristalización, dañina para las superficies decoradas, pero también en mayores tensiones e inestabilidad en el suelo y eventualmente en subsidencia. El incremento de la frecuencia de precipitaciones extremas puede causar problemas en los sistemas de drenajes históricos, incapaces de manejar cantidades extras de lluvia, que frecuentemente son de difícil acceso, mantenimiento y ajuste. Variaciones extremas y repentinas o cambios en la amplitud en los ciclos diarios y estacionales de humedad y temperatura pueden causar roturas, grietas, descascaramientos y polvo en materiales y superficies. La cantidad anual de ciclos de congelación/derretimiento debe recibir una atención especial, ya que éstos son perjudiciales para

las estructuras construidas al aire libre.

## **2.6. NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA PROTEGER EL CAMBIO CLIMÁTICO AL PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD**

Este año la Unesco inscribió 12 nuevos sitios en la lista del Patrimonio Mundial que hay que preservar. Respecto de cómo gracias a la tecnología está siendo posible proteger a los monumentos considerados Patrimonio de la Humanidad de los efectos que tiene sobre ellos el cambio climático, opinó para *Télam* Alejandra Luzardo, cofundadora de Demand Solutions, líder y estratega de Innovación, Economías Creativas y Emprendimiento del BID.

Las estructuras del patrimonio arquitectónico, por su propia naturaleza e historia (material y constructiva), plantean desafíos específicos en la diagnosis y la restauración que limitan la aplicación de las normas y reglamentos actuales sobre edificación. Formular recomendaciones es deseable y necesario tanto para asegurar la aplicación de métodos de análisis racionales como para recuperar métodos adecuados al contexto cultural. Estas Recomendaciones pretenden ser útiles para todos los implicados en los problemas de la conservación y la restauración, pero de ninguna manera pueden sustituir el conocimiento específico propio de documentos culturales y científicos. Las Recomendaciones que se exponen en el conjunto del documento se dividen en dos partes: los Principios, donde se presentan los conceptos básicos de la conservación, y las Directrices, donde se analizan las reglas y la metodología que debería aplicar el proyectista. Sólo los Principios tienen la calificación de documento aprobado/ratificado por ICOMOS.

## **2.7. CRITERIOS GENERALES**

La conservación, la consolidación y la restauración del patrimonio arquitectónico requieren un enfoque multidisciplinario.

El valor y la autenticidad del patrimonio arquitectónico no pueden valorarse con criterios fijos, puesto que el respeto debido a todas las culturas exige además que su patrimonio físico sea valorado dentro del contexto cultural al que pertenece.

El valor de un edificio histórico no reside sólo en la apariencia de sus elementos individuales, sino también en la integridad de todos sus componentes, considerados como un producto único de la tecnología constructiva específica de su tiempo y lugar. Por consiguiente, eliminar las estructuras internas y mantener sólo una fachada no satisface los criterios de conservación.

Cualquier cambio de uso debe tener en cuenta todos los requisitos de conservación y seguridad.

Cualquier intervención en una estructura histórica debe valorarse en el contexto de la restauración y conservación de todo el edificio.

Las estructuras del patrimonio arquitectónico, por su peculiaridad y su compleja historia, requieren una organización de los estudios y análisis en distintos pasos, similares a los que se utilizan en medicina: anamnesis, diagnóstico, terapia y controles, que corresponden respectivamente a la inspección inicial, la identificación de las causas del daño y el deterioro, la elección de las medidas terapéuticas y el control de la eficacia de las intervenciones. Para ser rentables y producir un impacto mínimo en el patrimonio arquitectónico, a menudo es conveniente que los estudios repitan esos pasos de modo iterativo.

No debe emprenderse ninguna acción sin haber evaluado los beneficios y perjuicios que pueda suponer para el patrimonio arquitectónico. Cuando sean necesarias medidas urgentes de salvaguardia para evitar el colapso inminente de la estructura, debe evitarse en lo posible una alteración irreversible de las fábricas.

## **2.8. INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

Normalmente un equipo multidisciplinario, seleccionado de acuerdo con el tipo y el alcance del problema, debe trabajar conjuntamente desde la primera fase del estudio, es decir, la inspección inicial del sitio y la preparación del programa de investigación. Normalmente es necesario primero analizar los datos disponibles para después poder elaborar, si es necesario, un plan de actividades más amplio adecuado a los problemas de la estructura.

Todo proyecto de restauración y conservación requie-

re una total comprensión del comportamiento estructural y las características de los materiales. Es esencial tener información sobre la estructura en su estado original y en los estados anteriores a la intervención, así como sobre las técnicas que se utilizaron para su construcción, sobre las alteraciones y sus efectos, sobre los fenómenos que la han afectado y, finalmente, sobre su estado actual.

En los yacimientos arqueológicos pueden presentarse problemas específicos porque la estructura debe estabilizarse durante la excavación, cuando su conocimiento aún no es completo. El comportamiento estructural de una construcción que debe excavarse puede ser completamente diferente al de una construcción «a la vista». Las soluciones estructurales sobre los terrenos urgentes, necesarios para estabilizar la estructura mientras se está excavando, no deben poner en peligro el concepto, la forma o el uso globales del edificio. El diagnóstico se basa en información histórica y análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura.

Antes de tomar una decisión sobre una intervención en la estructura, es indispensable primero determinar las causas del daño y el deterioro y, después, evaluar el nivel de seguridad actual de la estructura.

La evaluación del nivel de seguridad, que es el paso posterior al diagnóstico, es la fase en la que se toma la decisión de intervenir y debe aunar el análisis cualitativo con el cuantitativo.

A menudo, la aplicación de los niveles de seguridad concebidos para el diseño de edificios nuevos exige refuerzos excesivos, cuando no imposibles, en los edificios antiguos. En estos casos, enfoques distintos del tratamiento de la seguridad son posibles a partir de otros métodos convenientemente justificados.

Todo lo relativo a la información obtenida, al diagnóstico (incluida la evaluación del nivel de seguridad) y a las decisiones sobre intervención debe exponerse en un informe explicativo o memoria.

## 2.9. MEDIDAS TERAPÉUTICAS Y DE CONTROL

La terapia debe dirigirse a la raíz de los problemas, no a los síntomas.

Un mantenimiento adecuado puede limitar o retrasar la necesidad de otras intervenciones.

Las medidas de conservación y consolidación deben basarse en la evaluación del nivel de seguridad y en la comprensión del significado histórico y cultural de la construcción.

No debe emprenderse ninguna acción si no se ha demostrado que es indispensable.

Las intervenciones serán proporcionales a los objetivos de seguridad y se mantendrán en el nivel mínimo de intervención que garantice la seguridad y durabilidad causando el menor perjuicio posible a los valores patrimoniales.

El diseño de la intervención debe basarse en una total comprensión del tipo de acciones (fuerzas, aceleraciones, deformaciones, etc.) que han causado el daño y el deterioro, así como de aquellas que actuarán en el futuro.

La elección entre técnicas “innovadoras” y “tradicionales” debe ser sopesada caso por caso; se dará preferencia a aquellas que resulten menos invasivas y más compatibles con los valores patrimoniales, teniendo siempre presentes los requisitos de seguridad y durabilidad. En ocasiones, la dificultad para evaluar los niveles de seguridad y los beneficios de la intervención puede sugerir un “método observacional”, es decir, un enfoque gradual que parta de un nivel mínimo de intervención con la posible adopción subsiguiente de una serie de medidas suplementarias o correctoras.

Siempre que sea posible, las medidas que se adopten deberán ser “reversibles”, de tal modo que puedan ser eliminadas y sustituidas por otras más adecuadas a raíz de nuevos conocimientos. Cuando las intervenciones no sean completamente reversibles, no deben impedir intervenciones posteriores.

Las características de los materiales que se usen en los

trabajos de restauración (especialmente los materiales nuevos) y su compatibilidad con los existentes deben ser completamente conocidas. Este conocimiento debe incluir los efectos a largo plazo, de modo que se eviten efectos secundarios indeseables.

No deben destruirse las características distintivas de la estructura y su entorno en su estado original o de cualquier cambio posterior significativo.

Toda intervención debe respetar, en la medida de lo posible, la concepción y las técnicas constructivas originales, así como el valor histórico de la estructura y las pruebas históricas que proporciona.

La intervención debe ser el resultado de un plan integral que dé la importancia adecuada a los distintos aspectos de la arquitectura, la estructura, las instalaciones y la funcionalidad de la construcción.

La eliminación o alteración de cualquier material histórico o cualquier característica arquitectónica distintiva deben evitarse en la medida de lo posible.

La reparación es siempre preferible a la sustitución.

Las imperfecciones y las alteraciones, cuando se hayan convertido en parte de la historia de la estructura, deben conservarse, siempre y cuando no comprometan los requisitos de seguridad.

Sólo debe recurrirse al desmontaje y la reconstrucción cuando lo requiera la naturaleza de los materiales y de la estructura y/o cuando la conservación por otros medios resulte más perjudicial.

No se adoptarán medidas cuyo control durante la ejecución sea imposible. Cualquier propuesta de intervención debe ir acompañada de un programa de monitorización que se llevará a cabo, en la medida de lo posible, durante la ejecución de los trabajos.

Todas las actividades de control y monitorización deben documentarse y conservarse como parte de la historia de la estructura. ([www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html](http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html)).

### 3. METODOLOGÍA

CUADRO 1: Diseño metodológico de la investigación

Objetivos específicos	Niveles de análisis	Categorías de análisis	Técnicas de investigación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la pertinencia de las técnicas constructivas del Patrimonio Arquitectónico y uso de materiales tradicionales del lugar de ejecución, que no afecten el medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Componentes del patrimonio cultural</li> <li>Uso de materiales tradicionales del contexto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iglesias</li> <li>Elementos arquitectónicos</li> <li>Monumentos</li> <li>Técnicas Constructivas tradicionales</li> <li>Tipo de materiales usados;</li> <li>Adobe, tapial, piedra laja, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación directa</li> <li>Revisión documental</li> <li>Grupos de discusión</li> <li>Estudio de caso transecto</li> <li>Entrevistas</li> <li>Análisis del material.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el impacto de la deforestación, de los yacimientos de la materias primas para la elaboración de materiales constructivos como el cemento (piedra caliza, tala de árboles y la extracción de áridos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacto causado por la deforestación</li> <li>Tipo de IMPACTO por LA EXTRACCIÓN DE las materias primas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie de áreas deforestadas</li> <li>Especies forestales afectadas</li> <li>Erosión de suelos</li> <li>Tipos de arrastre de materiales de construcción.</li> <li>Erosión de suelos</li> <li>Nivel de afectación en el paisaje del lugar</li> <li>Grado de afectación en los elementos arquitectónicos.</li> <li>Calidad ambiental</li> <li>Materiales de construcción mas afectados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación directa</li> <li>Revisión documental</li> <li>Entrevistas</li> <li>Análisis del material</li> <li>Medición áreas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la tecnología aplicada, para la construcción del Patrimonio en un contexto afectado por el cambio climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de materiales constructivos utilizados</li> <li>Técnicas aplicadas para conservar el patrimonio</li> <li>Tecnología innovadora para mitigar el cambio climático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas constructivos</li> <li>Tradicionales (adobe, tapial, muros de piedra, teja, rollizos, material de amarre)</li> <li>Innovadoras:</li> <li>Técnicas de revoque de muros</li> <li>Piso con ladrillo y piedra</li> <li>Techos de teja y paja y barro.</li> <li>Materias pétreas naturales artificiales</li> <li>Técnicas constructivas con identidad</li> <li>Procesos de ejecución de técnicas constructivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo</li> <li>Revisión documental</li> <li>Entrevistas</li> <li>Análisis del material</li> <li>Análisis de sitio</li> <li>Revisión documental</li> <li>Entrevistas</li> <li>Muestreo</li> </ul>

### 3.1. TIPO DE ESTUDIO.

El estudio es de tipo cuali-cuantitativo, la recogida de información estará basada en la observación de comportamientos naturales, discursos, respuestas abiertas para la posterior interpretación de significados.

La investigación acción participativa se presenta como práctica social de producción de conocimientos que involucra a la comunidad en el entendimiento y solución de los problemas y que a través de ello busca la transformación social. Los actores implicados se convierten en protagonistas del proceso de construcción del conocimiento de la realidad sobre el objeto de estudio, en la detección de problemas y necesidades y la elaboración de propuestas y soluciones

### 3.2. UBICACIÓN DEL CONTEXTO DE ESTUDIO.

Chaguaya se ubica en el municipio de Padcaya primera sección de la provincia Aniceto Arce del Departamento de Tarija Bolivia en las coordenadas: 21°52'21"S 64°48'38"O. El pueblo es muy famoso pues allí se encuentra un santuario, donde se venera a la Virgen de Chaguaya. La intervención será La Iglesia de Chaguaya

El núcleo poblacional se encuentra entre el pie de una loma (pequeña colina) y las orillas del río Camacho que en ese punto se reúne con otros dos cursos de agua dulce que fluyen el uno desde la Quebrada de Rosillas y el otro desde la Quebrada del Panteón.

### 3.3. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.3.1. INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA REVALORIZADORA. (IPR)

Este trabajo estará basada en el enfoque del dialogo de saberes y de la investigación acción participativa revalorizadora.

Según el INIAP del Ecuador, la investigación participativa es una opción o enfoque metodológico a la que recurren los científicos sociales y naturales que encara el desafío de generar conocimiento con los actores so-

ciales de una realidad para que ellos asuman el poder de transformarla. Es una opción metodológica que supone que los investigadores reflexionen y tengan una posición personal respecto al poder, centrando la atención en la práctica participativa de los poblaciones, por otra parte un punto central de la investigación participativa es que los investigadores perciban que conocer la realidad es un espacio de aprendizaje en el que dialogan el conocimiento popular y el científico partiendo del presupuesto ético de que ambos son igualmente válidos y valiosos.

La investigación participativa según Park, (1992: 38), citado por Tapia (2002) ha surgido como una manera intencional de otorgar poder a la gente, para que pueda asumir acciones eficaces hacia el mejoramiento de sus condiciones de vida. Lo novedoso del método no es que la gente se cuestione sobre sus condiciones y busque mejores medios de actuar para su bienestar y el de su comunidad, sino el hecho de llamar a este proceso investigación y de conducirlo como una actividad intelectual.

#### 3.3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS INVESTIGACIÓN

*Análisis histórico.*- El conocimiento de lo ocurrido en el pasado puede ayudar a prever el comportamiento futuro de una estructura y constituye una indicación útil para estimar el nivel de seguridad en su estado actual. La historia es el laboratorio experimental más completo y opera, además, a escala real: muestra cómo el tipo de estructura, los materiales del edificio, las conexiones, las juntas, las adiciones y las alteraciones humanas han interactuado con distintas acciones, tales como sobrecargas, terremotos, corrimientos de tierra, variaciones de la temperatura, contaminación atmosférica, etc., lo cual puede haber alterado el comportamiento estructural original produciendo grietas, fisuras, aplastamientos, desplomos, deterioro, colapso, etc.

*Análisis cualitativo.*- Este análisis (en términos filosóficos conocido como procedimiento inductivo) no es completamente fiable porque depende más del juicio personal que de procedimientos estrictamente científicos. Sin embargo, puede ser el análisis más

racional en los casos en los que las incertidumbres inherentes a los problemas son tan pronunciadas que otros tipos de análisis resultan más rigurosos y fiables sólo en apariencia.

**Análisis documental.**- Es una técnica que se utiliza para encontrar una contextualización de carácter socio-económica y cultural de las organizaciones campesinas en base a la recopilación de información secundaria recabada en los documentos de los archivos que poseen las mismas donde se encuentran los datos estadísticos e históricos.

**Las fuentes orales (historias de vida).**- Es una técnica que no solamente se utiliza en las ciencias sociales, también es de mucha importancia en las ciencias agronómicas, a partir de ella se pueden encontrar

testimonios vivos del pasado más reciente. Sin embargo, derivar de la información oral conclusiones que vayan más allá del tiempo que se nos habla resulta peligroso, es una forma de discurso de vida ya que el investigados no puede vivir la vida del otro, pero puede escuchar lo que en palabras, en imágenes, en acciones, dice la gente sobre sus vidas y acciones cotidianas.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

##### 4.1. A NIVEL MACRO:

Crear técnicas innovadoras para mitigar los daños a la tecnología al patrimonio cultural arquitectónico.

##### 4.2. A NIVEL MICRO:

CUADRO 2. Resultados esperados a nivel micro.

Objetivos Específicos	Resultados Esperados	Productos Esperados
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la pertinencia de las técnicas constructivas del Patrimonio Arquitectónico y uso de materiales tradicionales del lugar de ejecución, que no afecten el medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patrimonio arquitectónico identificado y caracterizado</li> <li>Técnicas de construcción identificadas y caracterizadas</li> <li>Materiales de construcción identificadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo académico de restauración del patrimonio.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el impacto de la deforestación, de los yacimientos de las materias primas para la elaboración de materiales constructivos como el cemento(piedra caliza, tala de árboles y la extracción de áridos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha determinado en superficie las áreas deforestadas</li> <li>Especies forestales identificadas</li> <li>Tipos de yacimientos identificados y caracterizados</li> <li>Impacto ambiental determinado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe técnico publicado</li> <li>Artículo de prensa elaborado</li> <li>Documento del impacto ambiental.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la tecnología aplicada, para la construcción del Patrimonio en un contexto afectado por el cambio climático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha determinado la tecnología aplicada utilizada por ítems.</li> <li>Evaluaciones y comparaciones de técnicas constructivas utilizadas en el patrimonio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Artículo científico publicado.</li> <li>Documentos de técnicas innovadores.</li> </ul>

#### 5. ACCIONES PARA LA DIFUSIÓN DE RESULTADOS

El modelo académico texto libro metodológico para la restauración de Patrimonio para la biblioteca de la Carrera de Arquitectura.

Difusión por televisión canal Universitario mostrando el tipo de metodología que se utilizará para el patrimonio.

También se creara un artículo científico para la Facul-

tad de Ciencias y Tecnología.

Se elaborará cartillas de procedimientos de intervención con ítems detallados y especificados del Patrimonio cultural.

Se creara documentos de intervención en el patrimonio para ver qué acción se tomó antes y después.

Libro de Técnicas innovadoras de los Ítems por orden de Intervención.

## 6.- INTERACCIÓN CON ORGANIZACIONES SOCIALES Y MUNICIPIOS

Este trabajo requiere de la participación de los comunitarios donde se ubican los elementos arquitectónicos para que se empoderen del proyecto y le den la valora-

ción arquitectónica, cultural y social, asimismo para la revalorización de los materiales de construcción se requiere de la competencia del municipio de Chaguaya, así como de un financiamiento específico.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	INTERVENCIÓN PATRIMONIO IGLESIA DE CHAGUAYA																
	2017-2018																
MESES	S	A	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D	
Análisis Histórico	X																
Análisis del estado actual del monumento		X	X														
Diagnóstico de Patologías del Monumento			X	X													
Propuesta de Intervención				X	X	X	X	X	X	X							
Resultados y recomendaciones									X	X	X		X				
Publicación de Proyecto									X	X	X		X				
Defensa de tesis													X				

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Luzardo Alejandra (22 de Septiembre 2016) [www.telam.com.ar/.../164085-nuevas-tecnologias-para-proteger-el-cambio-climatico](http://www.telam.com.ar/.../164085-nuevas-tecnologias-para-proteger-el-cambio-climatico)

González Moreno-Navarro José Luís y Pere Roca Fabregat (16 al 19 de diciembre de 2004) recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico [www.coacyle.com/descargas/cat\\_coacyle\\_1177671040.doc](http://www.coacyle.com/descargas/cat_coacyle_1177671040.doc)

González Moreno José Luís -Navarro y Pere Roca Fabregat (16 al 19 de diciembre de 2004) recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico [www.icomoscr.org/.../ICOMOS.2003.recomendaciones.analisis.conservacion.restaura](http://www.icomoscr.org/.../ICOMOS.2003.recomendaciones.analisis.conservacion.restaura).

La Bienal de Venecia plantea cómo copiar el patrimonio para salvarlo (27 de mayo de 2001) [www.eldiario.es/.../Bienal-Venecia-plantea-patrimonio-salvarlo\\_0\\_520398701.html](http://www.eldiario.es/.../Bienal-Venecia-plantea-patrimonio-salvarlo_0_520398701.html)

La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural celebrada en 1972 [www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/](http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/)

[nationalgeographic.com.es/.../el-cambio-climatico-amenaza-el-patrimonio-mundial](http://nationalgeographic.com.es/.../el-cambio-climatico-amenaza-el-patrimonio-mundial).

La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de 1972 [www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/](http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/)

Ministerio de cultura y deportes Decreto Número 26-97 y sus reformas Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación [www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/gt/gt032es.pdf](http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/gt/gt032es.pdf)

otsdam/Sydney. (Redacción y dpa).- La estatua de la Libertad en Nueva York, el teatro de la Ópera de Sidney o la plaza San Marcos de Venecia están en la lista de 40 lugares considerados patrimonio cultural de la humanidad por la Unesco [www.telam.com.ar/.../164085-nuevas-tecnologias-para-proteger-el-cambio-climatico](http://www.telam.com.ar/.../164085-nuevas-tecnologias-para-proteger-el-cambio-climatico)

Promotores ambientales Yucatán, líder en mitigación del cambio climático (18 de Octubre de 2017) [www.seduma.yucatan.gob.mx/patrimonio-cultural/index.php](http://www.seduma.yucatan.gob.mx/patrimonio-cultural/index.php)



# **ARTÍCULOS ACADÉMICOS**

## APRENDIENDO COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A TRAVÉS DE PUENTES DE ESPAGUETI

ECHALAR FLORES MICHAEL WILLY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil M.Sc. Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales UAJMS

Correo electrónico: [michaelechalar@hotmail.com](mailto:michaelechalar@hotmail.com)

### RESUMEN

Este trabajo resume la metodología empleada para la realización del “1er Concurso de Puentes de Spaghetti” realizado en la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Se exponen los pequeños logros alcanzados y lo que se espera a futuro pueda obtenerse a nivel académico como de práctica mediante la realización de este concurso. Se expone el reglamento para la participación en el concurso que incluye restricciones geométricas y de masa; se indica los materiales empleados, la metodología constructiva básica y la forma de aplicación de carga a las estructuras para conseguir su falla.

### PALABRAS CLAVE

Puente, Espagueti, Spaghetti, Puente de Espagueti, Diseño, Construcción, Concurso, Ingeniería Civil.

### INTRODUCCIÓN

Un puente de espagueti según la página del Okanagan College, es una estructura construida con pasta y pegamento; a la cual generalmente se le restringe la cantidad de material empleado en su construcción, se define para salvar una longitud de tramo específica y debe de soportar una carga. Se construyen con fines educativos y de competencia, en las que la estructura que soporta más carga gana.

Los certámenes se realizan en varias preparatorias y universidades alrededor del mundo, con el objetivo de despertar las habilidades ingenieriles y las aptitudes del trabajo en equipo de los participantes como indican Segovia L.A., Morsch I.B., Masuero J.R. (2005). Dos de las competencias más importantes del mundo son:

“RECCS, World Championship in Spaghetti Bridge Building”, que se celebra en la Universidad de Óbuda localizada en Budapest, Hungría. Cuyo record actual es de 570.30 kg, establecido en 2013 por Csaba Járó y Miklós Vincze alumnos de esa universidad.

Otro concurso muy importante es el “Annual Spaghetti Bridge Building Contest”, que se realiza en el Okanagan College ubicado en la Columbia Británica en Estados Unidos. Dentro de esta competencia el record actual fue establecido en 2009, con un puente de 982 gramos de masa que resistió 443.58 kg construido por Norbert Pozsonyi y Aliz Totivan de la Szechenyi Istvan University de Gyor, Hungría.

El actual record del mundo con restricción de masa corresponde a un puente de 984 gramos de masa que resistió 466.05 kg diseñado y construido por Peter Sandor del College of Nyiregyhaza, de Hungría; quien ganó el concurso del Okanagan College en 2012 con un puente de 967.24 gramos de masa que resistió 384.09 kg y que tiene en internet un libro de 59 páginas con consejos, datos técnicos y parámetros de diseño para lograr, según él un puente campeón del mundo, como él explica en su página.

A nivel universitario estas competencias tienen un tratamiento muy serio, ya que se hace una aplicación muy profunda de materias en las que se enseña: planificación, diseño y construcción. Para completar el trabajo necesario para participar se tienen que cumplir plazos de entrega y un cronograma de desarrollo de la estructura. Se deben conocer los parámetros ingenieriles del fideo empleado en la construcción, lo que requiere determinar mediante ensayos u otras metodologías su módulo de elasticidad y resistencia a compresión y a tracción. Se deben realizar planos constructivos deta-

llados para materializar la estructura, se deben desarrollar procesos constructivos para lograr con fideos lo idealizado. El fideo es un material de difícil manejo ya que si se humedece un poco pierde su rectitud, es difícil realizar sobre él cortes limpios; el empalme de elementos es complicado y no responde favorablemente ante todos los pegamentos.

Todas estas características hacen que la experiencia de participar en un concurso de puentes de espagueti enriquezca directamente a los alumnos para enfrentarse a un problema de planificación, diseño y construcción en el mundo real. El desarrollo del trabajo requiere del serio trabajo en equipo, por lo que también propicia el desarrollo de esta aptitud.

En la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, durante el segundo semestre de la gestión académica 2017. Mediante iniciativa de la Sociedad Científica de Estudiantes de Ingeniería Civil; gestión del Laboratorio de Resistencia de Materiales, el Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales, y la Decanatura de la Facultad. Con el apoyo de la SIB Tarija. Fue realizado el “1er Concurso de Puentes de Spaghetti” de la carrera. En la figura número 1 se puede ver el momento en que se ensaya la primera estructura.



Figura N° 1

El evento se realizó el 3 de noviembre de 2017 en horas de la tarde, en el Laboratorio de Resistencia de Materiales; contó con siete grupos participantes, compuestos por tres personas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describen los materiales empleados para la competencia:

Fideos tipo espagueti; se pudo emplear cualquier fideo tipo espagueti, de sección sólida y recta, se permitió la generación de secciones mayores uniendo varios fideos, pero sin la posibilidad de barnizarlos o rellenarlos con pegamento. Las propiedades mecánicas necesarias para su empleo en el diseño estructural fueron estimadas y tomadas de páginas de internet. Se espera que en la edición siguiente sean determinadas experimentalmente por los alumnos en el Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Pegamentos varios; fueron permitidos todos los pegamentos blancos, fríos o calientes; los pegamentos epoxicos de uno o dos componentes y las siliconas líquidas frías y solidas en caliente.

Equipo de aplicación y medida de carga; la transmisión de la carga se logró mediante el empleo de un sistema de tirafondo y cadena que soportaban un balde de 30 litros de capacidad. El tirafondo fue vinculado a la estructura mediante placas de madera y de este colgaba la cadena que sujetaba el balde. Instalado esto se procedía a llenarlo pausada y cíclicamente con arena seca hasta el colapso de la estructura; ocurrido esto se determina el peso del volumen cargado.

Para la realización del concurso se siguieron los siguientes pasos:

Reglas de la competencia; se procedió a la revisión de varias convocatorias de este tipo, extractando de las mismas los aspectos fundamentales. La redacción final estuvo basada principalmente en el concurso realizado dentro del XII Congreso de Estudiantes de Ingeniería Civil con sede en Sucre del 11 al 15 de septiembre de 2017. Las reglas principales fueron:

- Masa máxima de la estructura igual o menor a 1000 gramos.
- La estructura debe salvar una luz libre de 70cm.
- Geométricamente no se deben exceder las siguientes medidas: longitud total de la estructura de 80

cm (incluye 5 cm a cada lado de los apoyos para garantizar soporte y 70cm de luz libre). Altura sobre plataforma de 40 cm, altura debajo de plataforma de 7 cm. Ancho de plataforma de 15cm. Estas limitaciones se muestran en el esquema de la figura número 2.

- La estructura debe contar con un agujero de 1cm por 1cm situado exactamente en su centro para permitir la instalación de un tirafondo.
- La estructura debe estar construido empleado únicamente fideos tipo espagueti y pegamento, no se permite barnizar los fideos ni rellenarlos con pegamento.
- Dentro los parámetros indicados se debe generar cualquier geometría de estructura que resista la mayor carga posible.
- Al momento de la entrega se debe adjuntar un informe de diseño.

Análisis estructural; se dejó a libre elección el programa de cálculo a emplear pudiendo ejecutarse este en teléfono-inteligente o computadora pudiendo realizarse el análisis en 2 o 3 dimensiones, siempre y cuando lo analizado represente la estructura idealizada y construida en la mayor medida posible.

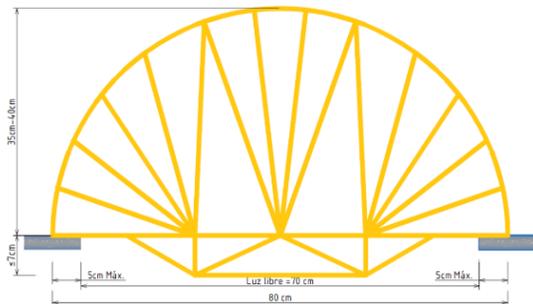


Figura N° 2

Diseño y planos; para la construcción de la estructura fue necesaria la confección de planos a escala 1:1, para sobre ellos diseñar las uniones y detalles, para poder cortar y ensamblar los fideos de acuerdo a las dimensiones extraídas del diseño.

Construcción; al no tener antecedentes de realización de este tipo de construcción y competencia; se realizaron en el laboratorio construcciones al 50% del tamaño

real, para determinar los métodos constructivos más adecuados y el tipo y forma de aplicación de los pegamentos. Determinados estos parámetros se procedió a la construcción de la estructura final.

Competencia; El día 3 de noviembre en horas de la mañana se procedió al inicio de la competencia con la recepción de las estructuras, registrando a su entrega el nombre de los participantes y controlando que no se exceda el valor de 1000 gramos en su masa.



Figura Nro 3

Ya en horas de la tarde en función de su orden de entrega se procedió al ensaye y rotura de cada una de ellas determinando la carga de rotura, en la figura número 3 se muestra una de las estructuras en concurso con el sistema de carga instalado y listo para ser llenado con arena. Posteriormente de acuerdo a las reglas del concurso se revisó su masa, carga de rotura y calidad de informe de entrega para determinar a los ganadores.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Concluido el ensaye de todas las estructuras y evaluados sus masas e informes, los tres primeros lugares se muestran en la tabla Nro1 a continuación.

Puesto	Masa Gr	Resistencia Kg
1	850	34,96
2	735	21,45
3	645	13,04

Tabla N° 1

Es destacable que en un primer concurso de esta naturaleza se haya logrado una estructura que resista 34.96 kg. Pero este valor no es lo más importante del concurso, ya que todos los participantes ganaron mucho tanto en su parte académica como en la personal ya que para poder presentar su estructura fue necesario para cada grupo recorrer un camino, es este recorrido lo más importante.

El primer aspecto es la formación de un grupo de trabajo, definido directamente por afinidad pero conformado para participar. Para que este equipo funcione se debe dejar atrás la costumbre de que uno solo hace el trabajo y el resto simplemente pone su nombre. Debido a la cantidad de áreas y trabajo a realizar se debe planificar específicamente la tarea de cada miembro, se debe pasar de ser “una serie de individuos circunstancialmente reunidos a un conjunto de personas trabajando por objetivos comunes” como indica Tovar, A. (2001).

El segundo paso es “estructurar un proyecto común en relación a varios contenidos” [Tovar, A. (2001)], se deben vincular conceptos de varias asignaturas para emplearlos en un solo cometido, se requiere de Dibujo Técnico, Resistencia de Materiales, Estática, Análisis Estructural, Dirección y Planificación de Obras, y otras tantas materias para lograr cumplir con el producto adecuado.

El tercer aspecto es programar y dirigir los trabajos de diseño, dibujo y construcción del puente. Esta etapa involucra prácticamente las actividades y planificación necesarias para la construcción de una obra real, se hace un juego de lo que a futuro se hará en la práctica profesional.

## CONCLUSIONES

En momento en que claramente se constató que los alumnos habían transitado por los puntos mencionados, fue ya cerca del día de la competencia; momento en el cual dentro de sus grupos de trabajo, hacían uso de lenguaje técnico y refiriéndose con mucha seriedad a los componentes de la estructura de espagueti que construían. La reunión y charla que sostenían en ese momento no difería mucho de las que se realizan para el manejo y planificación de obras reales.

La competencia de puentes de espagueti es muy emocionante y convocante para los alumnos y esperamos que año a año se eleven las resistencias alcanzadas, pero el trasfondo principal es el desarrollo y aplicación de los conocimientos que adquieren en la carrera y que sirve de base para el ejercicio profesional.

El ganar el concurso es que sin duda alimenta la motivación y estado de ánimo de los participantes, pero más importante aún son las lecciones aprendidas en el camino recorrido para participar.

## BIBLIOGRAFÍA

Tovar, A. (2001). El constructivismo en el proceso enseñanza-aprendizaje. México: Instituto Politécnico Nacional

## ARTÍCULOS

Segovia L.A., Morsch I.B., Masuero J.R. (2005) “Didactic Games in Engineering Teaching. Case: Spaghetti Bridges Design and Building Contest”, Proceedings of COBEM, 18th International Congress of Mechanical Engineering,

## PÁGINA WEB (WORLD WIDE WEB)

Obuda University. RECCS History. Fecha de consulta, 21 de marzo de 2018, de <http://reccs.uni-obuda.hu/en/history>

Okanagan College. Spaghetti Bridge Contest > History > Heavyweight. Fecha de consulta, 21 de marzo de 2018, de [http://www.okanagan.bc.ca/Programs/Areas\\_of\\_Study/Technologies/spaghettibridge.html](http://www.okanagan.bc.ca/Programs/Areas_of_Study/Technologies/spaghettibridge.html)

Peter Sandor. Fecha de consulta, 27 de marzo de 2018, de <https://spaghettibridgebuilding.com/>

## LAS INGENIERÍAS EN EL SIGLO XXI

MICHEL CORTÉS RENÉ EMILIO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Procesos Industriales Biotecnológicos y Ambientales, Carrera de Ingeniería Química  
Facultad de Ciencias y Tecnología, UAJMS

Correo electrónico: renemichelco@gmail.com

### RESUMEN

Irene Strodthoff difunde los Grandes retos de la Ingeniería actual, en base al resultado de una reunión de expertos de todo el mundo convocados por la FUNDACIÓN NACIONAL DE CIENCIAS de Estados Unidos donde definieron las materias en las cuales debiera enfocarse la ingeniería del siglo XXI.

Se concluye que la Ingeniería hoy no debe enfrentar al reto de crear poderosos mecanismos o asombrosas construcciones, sino el de responder a las necesidades de una población cada vez mayor. Por lo tanto, los desafíos actuales se refieren a la sostenibilidad, salud, reducción de la vulnerabilidad y calidad de vida. Desafíos que se resumen en 14 objetivos para la ingeniería del siglo XXI.

### PALABRAS CLAVE

Educación en ingeniería, retos Ingeniería siglo XXI.

### INTRODUCCIÓN

Se presenta un comentario reflexivo de artículos de IRENE STRODTHOFF

A lo largo de este artículo se describen 14 objetivos que deben ser tomados en cuenta en la educación de las ingenierías para responder a los desafíos actuales del siglo XXI:

1. Conseguir que la energía solar sea económica
2. Obtener energía a partir de la fusión

3. Desarrollar métodos de captura del carbono
4. Controlar el ciclo del nitrógeno
5. Suministrar acceso al agua potable
6. Restaurar y mejorar las infraestructuras urbanas
7. Avanzar en la informática para la salud
8. Diseñar mejores medicamentos
9. Hacer ingeniería inversa del cerebro
10. Prevenir el terror nuclear
11. Proteger el ciberespacio
12. Avanzar en el aprendizaje personalizado
13. Enriquecer la realidad virtual
14. Diseñar herramientas para el descubrimiento científico

### 1. OBJETIVOS EN LA EDUCACIÓN DE LAS INGENIERÍAS

La universidad no puede ni debe estar ausente de este proceso del desarrollo de la Ingeniería lo que significa que debemos reflexionar y reorientar nuestros objetivos y plantearnos la necesidad de incorporar la investigación en los planes de estudios, reorientar la inversión hacia el equipamiento de laboratorios con tecnología de punta e incorporarnos a redes de trabajo que permitan capacitar a los profesionales en las

distintos áreas de la ingeniería para acercarnos a estos catorce puntos en los que la ingeniería debe avanzar, para ello es necesario que conozcamos el contenido de los catorce puntos que los expertos resumieron:

### **1.1. LOGRAR QUE LA ENERGÍA SOLAR SEA ECONÓMICA**

El sol provee una energía 10 mil veces mayor que toda la energía comercial que la población utiliza en el planeta. Sin embargo, el mundo consume apenas un 1% de su potencial, comparado con el 85% proveniente del petróleo, gas natural y carbón. Las tecnologías para obtenerla existen, pero transformarla en un medio competitivo requiere esfuerzo. Las celdas solares alcanzan hoy una eficiencia teórica máxima de 31%, por las propiedades electrónicas de la silicón. Aumentarla al 40% puede pasar por el uso de nuevos materiales dispuestos en formas innovadoras. Experimentos recientes con la nanotecnología, la ingeniería de estructuras de tamaños comparables a un átomo o una molécula, indican que los nano-cristales de selenio y plomo podrían alcanzar una eficiencia de 60% o más.

Los avances en ingeniería van a requerir encontrar maneras de integrar esos nano-cristales en un sistema que permita transmitir energía en un circuito así como lograr una alta pureza de material en cada celda a un costo razonable. Si la ingeniería logra desarrollar mejores celdas solares, hacerlas competitivas y proveer maneras eficientes de usar la electricidad de éstas para almacenar energía, el poder del sol superará a los combustibles fósiles para asegurar la prosperidad de la civilización.

### **1.2. OBTENER ENERGÍA DE LA FUSIÓN**

La fusión nuclear, la recreación artificial de la fuente de poder del sol sobre la Tierra, representa un gran desafío. En los reactores resulta imposible alcanzar las altas presiones del astro, pero es factible generar temperaturas más altas que en él.

En el sur de Francia se podrá apreciar pronto el potencial de la fusión, a través de un reactor experimental que alcanzará 500 Megawatts, proyecto se identifica bajo la sigla ITER (International Termonuclear Experimental Reactor). En él se aplicará la fusión por medio de un mecanismo llamado tokamak. Este método inyecta el combustible, lo mantiene en una cámara sin partículas de aire y lo calienta a temperaturas que exceden los 100 millones de grados.

En esas condiciones, los combustibles de fusión se transforman en una materia de carga eléctrica y consistencia gaseosa llamada plasma, cuya primera producción en ITER figuraba para el 2016.

El éxito de la fusión como proveedor de energía dependerá de si la construcción de plantas de generación y su operación segura y confiable conducen a que el costo de la electricidad por esta vía resulte competitivo.

### **1.3. DESARROLLAR MÉTODOS DE CAPTURA DE CARBONO**

Los ingenieros trabajan hoy en formas de capturar y almacenar excesos de dióxido de carbono, proveniente de la combustión de fósiles, para prevenir el calentamiento global. Una idea es dejarlo bajo tierra o a mayor profundidad del fondo del mar. En la época preindustrial, cada millón de moléculas de aire contenía 280 moléculas de dióxido de carbono.

Hoy la proporción supera las 380 moléculas por millón y sigue en ascenso. Capturar el dióxido de carbono y almacenarlo en forma segura fuera de la atmósfera es un reto para la ingeniería.

Los métodos que hoy existen resuelven partes del proceso, pero no el todo. Algunos estiman que el mundo necesitará reservas capaces de contener un trillón de toneladas de dióxido de carbono al final del siglo.

## 1.4 CONTROLAR EL CICLO DEL NITRÓGENO

La ingeniería puede ayudar a restituir el equilibrio del ciclo del nitrógeno con mejores tecnologías de fertilización, así como de reciclaje de la basura. Controlar el impacto de la agricultura en el ciclo global es un desafío creciente para el desarrollo sustentable.

La producción humana de nutrientes adicionales de nitrógeno fijo ha alterado el ciclo natural. Los fertilizantes, que han permitido satisfacer la creciente demanda mundial por alimentos, liberan más de la mitad de la cantidad anual atribuida a la acción humana.

El segundo contribuyente son las leguminosas y el tercero proviene de la combustión de fósiles, donde el aire es tan caliente que la molécula de nitrógeno se separa. Entre las consecuencias menos deseadas figuran el efecto invernadero y la lluvia ácida.

La ingeniería está en condiciones de mantener un abastecimiento sustentable de alimentos sin una degradación ambiental excesiva. El reto se orienta a evitar las fugas de nitrógeno fijo del sistema proveniente de prácticas agrícolas.

Así también la ingeniería es capaz de buscar modos de capturar los gases para propósitos útiles y convertir los desechos animales en fertilizantes orgánicos comprimidos. Pero, los esfuerzos por mitigar la alteración del ciclo pueden repercutir en el costo de los alimentos.

## 1.5 BRINDAR ACCESO AL AGUA POTABLE

La falta de agua potable causa hoy más muertes que la guerra. Cerca de 5.000 niños fallecen a diario en el mundo por males derivados de la diarrea. Una persona de cada seis se encuentra privada del recurso y al menos dos carecen de servicios sanitarios.

Sólo el 3% del agua del planeta es dulce y la mayor parte de ella está en la forma de nieve o hielo. El consumo

de las napas subterráneas es hoy mucho mayor que la velocidad que poseen de volverse e llenar.

Las tecnologías emergentes para desalinizar el agua de mar pueden ser útiles, pero aquellas de pequeña escala destinadas a purificar el agua de uso local parecen ser incluso más efectivas para necesidades individuales.

Hay experiencias de desalinización en Medio Oriente e Israel. Cerca de 12 mil plantas de este tipo operan en el mundo. Pero son caras y requieren una cantidad enorme de energía para funcionar. Su aplicación es limitada en países pobres.

Una nueva aproximación denominada nano-osmosis podría extraer la sal con el uso de diminutas cañerías de carbono, que han demostrado poseer propiedades de filtro excepcionales.

Mientras algunos son partidarios de reducir la pérdida en el uso del agua, otros respaldan la utilización de aparatos descentralizados de destilación, del tamaño

de una lavadora de platos, que brindarían agua limpia para 100 personas al día.

Para un futuro saludable y sostenible del planeta, es necesario desarrollar métodos más sofisticados para asegurar un suministro adecuado de agua. Las tecnologías

avanzadas y a precio razonable pueden marcar una diferencia para millones de personas.

## 1.6 RESTAURAR Y MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA URBANA

En 2005, la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles emitió un informe en que evaluó distintas categorías de la infraestructura en Estados Unidos. La nota promedio fue una "D". La "E" es la peor.

La ingeniería de este siglo enfrenta el gran desafío de modernizar desde los sistemas de agua, energía y gas hasta las redes viales y ferroviarias, en particular en

las zonas urbanas y en ciudades que exceden los 10 millones de habitantes.

Parte importante de la infraestructura actual se encuentra bajo tierra. En algunos casos, los registros de tuberías y cables están incompletos o no disponibles.

Un tema es crear un método capaz de describir e identificar esta red subterránea. Un proyecto de este tipo comenzó a avanzar en Gran Bretaña, con señales electromagnéticas. La idea es localizar estructuras metálicas que puedan transmitirlos a través de la tierra, tal como un reflector permite ver a un ciclista en la noche. El transporte es clave hoy en el desarrollo de la infraestructura. El gran objetivo para los ingenieros apunta a crear sistemas integrados para el peatón, ciclista y automovilista, donde el tránsito sea fácil y eficiente.

Si bien los esquemas básicos han estado presentes por siglos, se requiere avanzar en informática y robótica para construir más rápido y a un costo menor, tener un mejor sentido estético de las construcciones y comunicar su valor a la sociedad.

### **1.7 AVANZAR EN LA INFORMÁTICA DE LA SALUD**

El manejo sistemático de la informática de la salud – el proceso de obtener, almacenar y usar la información - puede fortalecer la calidad y eficiencia de la atención médica y la respuesta a emergencias de salud pública, como pandemias o ataques químicos.

Los sistemas futuros deben garantizar el intercambio compatible y la actualización de datos, así como formas de constatar la identidad del paciente y mantener un registro de su perfil individual, de modo que el doctor brinde el consejo propicio a tiempo.

La informática de la salud debe también considerar nuevas tecnologías capaces de almacenar información, sin visitar al médico, por medio de mecanismos portátiles

o pequeños sensores electrónicos que monitoreen el pulso y la temperatura.

Estos son microsistemas inalámbricos integrados denominados WIMS, que avisan si un paciente requiere ayuda en el hospital o incluso en casa. Una estructura informativa sólida permitirá a los profesionales de la salud detectar, seguir y mitigar una emergencia.

Frente a armas químicas o biológicas, se requiere vigilancia y detección a través del monitoreo del agua, aire, suelo y comida. El paso siguiente es el diagnóstico y luego el seguimiento de dispersión de toxinas o virus. Hoy operan narices artificiales por medio de chips computacionales, que aún son menos sensibles que la de un perro. Sin embargo, es posible desarrollar diminutos mecanismos (nanoporos) que envían señales eléctricas si una molécula peligrosa atraviesa un poro.

Mantener a una población saludable en este siglo requerirá de métodos de ingeniería para rediseñar redes informáticas de salud global y local, que permitan reunir y almacenar información médica sobre la población en forma segura.

### **1.8 DISEÑAR MEJORES MEDICAMENTOS**

Las tecnologías en la medicina son ofrecidas como “talla única”, sin considerar las diferencias individuales. Un objetivo de la ingeniería biomédica es aplicar la medicina personalizada, que combina información genética y datos clínicos.

Las variaciones que existen entre las composiciones químicas presentes en el 1% del organismo predisponen al ser humano a ciertas enfermedades y afectan el modo en que la persona responde a un tratamiento médico.

Los doctores debieran poder diagnosticar y tratar a un paciente sobre la base de esas disimilitudes, de tal manera de contribuir a diseñar medicamentos y dosis para satisfacer las necesidades individuales.

Se requieren métodos eficaces para enviar drogas personalizadas al lugar del cuerpo donde se encuentra la afección. A modo de ejemplo, las nanopartículas pueden liberar insulina sólo cuando la concentración de glucosa en la sangre es alta.

También, se necesitan medicamentos renovados ante el creciente peligro de ataques de agentes como bacterias mortíferas o virus, ante los cuales hasta los antibióticos más poderosos parecen ser ineficaces.

Un futuro saludable de la población mundial va a depender, entre otros factores, de las nuevas estrategias de la ingeniería para superar múltiples resistencias a ciertos remedios y crear vacunas efectivas.

### 1.9 REPRODUCIR EL CEREBRO

La ingeniería y neurociencia traerían grandes progresos en el cuidado de la salud, manufacturas y comunicación.

Por décadas, los ingenieros se han concentrado en cómo crear máquinas pensantes y computadores capaces de imitar la inteligencia humana. Sin embargo, la inteligencia artificial ha sido difícil de alcanzar. Mientras algunos expertos estiman que el cerebro artificial ha sido diseñado sin mayor atención sobre el real, descubrir sus secretos significaría reproducir la inteligencia con precisión.

Los trastornos neurológicos podrán ser resueltos con innovaciones tecnológicas de elementos que imitan el trabajo de células nerviosas perdidas o dañadas y que ayudarán a las víctimas de demencia a recordar, a los ciegos, a ver y a los inválidos, a caminar. Prótesis neurológicas han sido aplicadas en la forma de implantes para tratar pérdidas de la audición o electrodos para atenuar la enfermedad del Parkinson así como retinas artificiales. Programas aún más ambiciosos se encuentran en desarrollo para manejar piernas o brazos

artificiales. Los ingenieros han visualizado implantes computarizados que pueden recibir señales de miles de células cerebrales; luego transmiten la orden de manera inalámbrica a un mecanismo de interfaz que decodifica las intenciones de la mente y después mandan la información a la pierna o mano ortopédicas o incluso a nervios y músculos para impulsar los movimientos buscados.

Si bien el progreso hasta ahora es notable, falta conocer los códigos de comunicación secretos del cerebro, debido a que son complejos y a que las señales son generadas a distintos ritmos y por rutas diferentes.

### 1.10 EVITAR EL TERROR NUCLEAR

Mucho antes del ataque a las Torres Gemelas en 2001, ya había preocupación por la posible muerte de 300 mil personas y la pérdida de enormes superficies de uso productivo por un acto de terrorismo.

Hoy existen dos millones de kilos de plutonio o uranio enriquecido en el mundo. Para construir una bomba se necesitan menos de 10 kilos de plutonio o unas pocas decenas de kilos de uranio.

La seguridad nuclear representa uno de los temas más urgentes del siglo, que no sólo considera aspectos políticos e institucionales, sino técnicos. La ingeniería enfrenta la necesidad de encontrar el material peligroso, registrarlo, asegurarlo y detectar su desviación o transporte para uso terrorista.

Así también requiere transformar un arma potencial en algo inocuo, ser capaz de dar una respuesta de emergencia, impulsar un programa de limpieza y comunicación pública y determinar el responsable de la acción terrorista.

Una solución posible de la ingeniería es el desarrollo de un mecanismo pasivo, cerca de un reactor que puede transmitir información en tiempo real dentro de la planta y revelar cualquier resto de plutonio.

Una nueva forma, denominada “lavado nuclear del auto”, ha dado buenos resultados en la inspección de los contenedores en los puertos. Cada unidad pasa por una correa transportadora con un sofisticado sistema de escaneo. El reto para los ingenieros es expandir estos esquemas a un costo razonable.

### **1.11 PROTEGER EL CIBERESPACIO 11**

Conocido como la red electrónica de información compartida, el ciberespacio enfrenta la necesidad de proteger la confidencialidad y la integridad de transmitir información y evitar robos de identidad.

Por medio de la red se controlan desde los semáforos hasta las rutas de los aviones, señales de televisión, teléfonos celulares, así como los servicios de suministro energético y financieros. Un ataque podría tener efectos fatales para la sociedad y los individuos.

Los mecanismos usuales de proteger un computador son los bloqueos denominados firewalls. Sin embargo, pueden ser penetrados o evitados por caminos alternativos. Por ello, se requiere confirmar la identidad de los usuarios con mayor acuciosidad. Un mecanismo es el uso de la huella digital. Otra solución de ingeniería es inyectar mayor seguridad en los programas de información computacional así como en el transporte de datos por Internet.

Las soluciones de la ingeniería deben considerar que el éxito del sistema de seguridad va a depender del todo y no sólo de proteger a las partes, de tal manera que los delitos informáticos han de ser combatidos desde la óptica personal, social y política.

### **1.12 PROGRESAR EN EL APRENDIZAJE PERSONALIZADO**

El sistema de “talla única” también se ha aplicado a la educación. Se le entrega un grupo de instrucciones en forma idéntica a una clase, sin importar las diferencias de aptitudes o intereses.

En los últimos años ha surgido una creciente valorización de las preferencias y habilidades individuales, donde la enseñanza se adapta a las necesidades de cada uno.

La utilidad de la educación personalizada radica en contar con grupos de estudiantes motivados por los ejemplos, las respuestas o la solución de problemas. La investigación en neurociencia permitirá refinar la instrucción personalizada. Debido a la diversidad de preferencias individuales y la complejidad de cada cerebro humano, un gran desafío para la ingeniería informática es desarrollar métodos que optimicen la enseñanza y la hagan más confiable.

### **1.13 OPTIMIZAR LA REALIDAD VIRTUAL**

A nivel popular, la realidad virtual se circunscribe a una serie de ilusiones que mejoran los juegos de video o engrosan la trama de películas de ciencia ficción. Sin embargo, en el campo especializado se ha convertido en una herramienta nueva y poderosa.

Su aplicación va desde capacitar a practicantes hasta tratar pacientes. Los ingenieros crean hoy autos completos y aviones en forma virtual para probar los principios de la ergonomía, seguridad y acceso a mantención.

Con la peculiaridad de dar la impresión de estar en un lugar diferente al real, la realidad virtual es tan vívida que una persona llevada al borde de un abismo demuestra miedo y ansiedad.

Ya se ha usado para tratar personas que sufren de ciertas fobias a la altura y a las arañas. Los cirujanos pueden practicar operaciones virtuales y los soldados aprenden tácticas de combate sin disparar.

Con el fin de imitar con eficacia la realidad, la ingeniería debiera mejorar la calidad de la imagen y el campo visual ser tan amplio que la luz y sombra se reflejen con total naturalidad. Además, debiera ser capaz de reproducir

sensaciones de sonido, tacto y movimiento. El reto apunta a identificar qué nivel de detalle se requiere para que un usuario responda a eventos virtuales en forma real.

### **1.14 DISEÑAR HERRAMIENTAS PARA EL DESCUBRIMIENTO CIENTÍFICO**

En un siglo más, los ingenieros aún serán socios de los científicos en el desafío de entender múltiples interrogantes de la naturaleza. Los científicos aún deben aprender sobre la relación entre los genes y las enfermedades, así como la función del ADN.

En el camino de la exploración, los biólogos dependerán de la ayuda de la ingeniería, en la forma de nuevos microscopios o métodos bioquímicos capaces de estudiar la memoria, el aprendizaje, las emociones y el pensamiento.

La física podría requerir nuevas herramientas para develar los secretos de la materia y la energía, a través de la desintegración del átomo para explorar zonas más allá de los límites de la tecnología actual.

Las fronteras de la realidad y del conocimiento pueden ser estudiadas por medio de nuevas herramientas para investigar el cosmos y la complejidad interna de la vida y los átomos. El espacio representa el misterio de la existencia.

## **2. CONCLUSIONES**

Como se observa en los catorce objetivos existen un sin número de necesidades que generan ideas de trabajos de investigación y de trabajos de grado para desarrollar en la Universidad, para ser parte de ellos la Universidad y la Facultad debe cambiar su estructura que permita estar cerca de las necesidades del siglo XXI para ello: los docentes deben cambiar de actitud y los estudiantes deberán estar abiertos a nuevas formas de estudio para ser protagonistas del avance de la ingeniería del siglo XXI.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Grandes retos de la ingeniería actual expertos de todo El mundo convocados por la fundación nacional de ciencias de Estados Unidos definieron las materias en las cuales debiera enfocarse la ingeniería del siglo xxi. <https://es.scribd.com/doc/51674198/retos-de-ingenieria>

## NORMAS DE PUBLICACION DE LA REVISTA CIENCIA SUR

### MISIÓN Y POLÍTICA EDITORIAL

La Revista CIENCIA SUR, es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que tiene como misión, difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realiza en las distintas áreas del conocimiento, para contribuir a lograr una apropiación social del conocimiento por parte de la sociedad.

CIENCIA SUR es una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por al menos de dos pares expertos (académicos internos y externos) de reconocido prestigio, pudiendo ser nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

La revista CIENCIA SUR publica artículos en castellano, buscando fomentar la apropiación social del conocimiento por parte de la población en general.

Tanto los autores, revisores, editores, personal de la revista y académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tienen la obligación de declarar cualquier tipo de conflicto de intereses que pudieran sesgar el trabajo.

### TIPO DE ARTÍCULOS Y PUBLICACIÓN

La Revista Ciencia Sur, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

**Artículos de investigación científica y tecnológica:** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada es la siguiente: introducción, metodología, resultados, Discusión, pudiendo también si así lo desean presentar conclusiones.

**Artículo de reflexión:** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

**Artículo de revisión:** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

**Artículos académicos:** Documentos que muestren los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versan sobre la parte académica de la actividad docente. Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

**Cartas al editor:** Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

### NORMAS DE ENVÍO Y PRESENTACIÓN

- a. 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.
- b. 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.
- c. 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.

- d. Para su publicación los artículos originales de investigación no deben tener una antigüedad mayor a los 5 años, desde la finalización del trabajo de investigación.
- e. 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.
- f. Los trabajos de investigación (artículos originales) deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, de 250 palabras.
- g. 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.
- h. 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.

#### **DIRECCIÓN DE ENVÍO DE ARTÍCULOS**

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en secretaría de la Facultad de Ciencias y Tecnología, Campus Universitario El Tejar, Tarija – Bolivia, Tel/Fax 591-46640256 Interno 12 o podrán ser enviados a las siguientes direcciones electrónicas: [cienciasur@uajms.edu.bo](mailto:cienciasur@uajms.edu.bo). También se debe adjuntar una carta de originalidad impresa y firmada o escaneada en formato pdf.

#### **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 quién 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 Ciencia Sur, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, e investigadores 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 introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de 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, cómo 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 siguió 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.

Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados. No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o

gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

## **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 abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes. Se relacionarán 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 Figuras 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.

## 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 uso 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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparecerán 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, páginas.

Editorial y lugar de edición.

Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe, y Odun. 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, páginas, fecha y editorial.

López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. En Ciencia Sur, 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.

Salinas, C. (2003). Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija – Bolivia.

### 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.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

Durán, D. (2004). Educación Ambiental como Contenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportall.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 Función Sustantiva. [Libro en línea]. Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (1998). Manual Práctico sobre la Vinculación Universidad – Empresa. [Libro en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

## REVISTAS ELECTRÓNICAS

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Título del artículo en cursiva. Nombre la revista. Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen. Número. Edición. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Montobbio, M. La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales. *Pensar Iberoamericano*. [en línea]. N° 7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de consulta: 12 enero 2005. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.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:

- a) De acuerdo a Martínez, C. (2010), la capacitación de docentes en investigación es tarea prioritaria para la Universidad..
- b) En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación (Fernandez, R.

2012).

- c) 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.

