

# JorCyTec 2023

Jornadas de Ciencia y Tecnología  
Facultad Regional Conocordia  
3, 4 y 5 de octubre de 2023

Facultad Regional Concordia -UTN

JorCyTec 2023 : Jornadas de Ciencia y Tecnología : UTN-F.R. Concordia : actas de jornadas / compilación de Natalia Tesón. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0232-5

1. Ingeniería Eléctrica. 2. Materiales de Construcción. I. Tesón, Natalia, comp. II. Título.

CDD 607.2

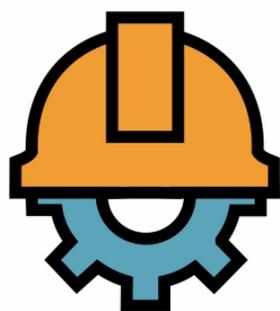
ISBN 978-950-42-0232-5



AJEA (Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN) no percibe fondos desde los congresos / jornadas, la publicación es gratuita y abierta para eventos realizados u organizados en unidades académicas de la UTN



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.



**JorCyTec 2023**  
Jornadas de Ciencia y Tecnología

**3, 4 y 5 de octubre de 2023**  
Facultad Regional Concordia

## Resumen del evento

Las Jornadas de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Concordia de la Universidad Tecnológica Nacional se realizan con el objetivo de difundir los resultados de los proyectos de investigación desarrollados en la Facultad y compartir temas de actualidad con estudiantes, docentes, investigadores, profesionales del sector productivo y público en general. Las Jornadas son de acceso libre y gratuitas.

*The Science and Technology Conferences of the Facultad Regional Concordia of the Universidad Tecnológica Nacional are held with the aim of communicating the results of research projects developed in recent years and sharing current issues with students, teachers, researchers, professionals from the productive sector and the general public. The conferences are free and open to the public.*

## Autoridades:

### Decano

**Ing. José Jorge PENCO**

### Vicedecano

**Ing. Marcos Roberto BLANC**

### Secretario Académico

**Ing. Fabián Andrés AVID**

### Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado

**Dra. Natalia TESÓN**

### Secretario de Cultura y Extensión Universitaria

**Ing. Carlos Humberto BLANC**

### Secretario Administrativo

**Lic. Agustín Horacio LEYES**

### Secretario de Asuntos Universitarios

**Lic. Fernando BARBOZA**

## Comité organizador/académico

### Comité Organizador

**Ing. Electr. Marcelo Arlettaz**

**Ing. en Alim. Alfonsina Alzogaray**

**Ing. Ind. Camila Benitez**

**Ing. Civil Marcos Blanc**

**Lic. Fabricio Bonato**

**Mg. Lic. Laura Gervasi**

**Ing. Eléctr. Matín Girardo**

**Ing. Civil Emilia Medina**

**Ing. Civil Alberto Palacio**

**Ing. Civil Andrea Pereyra**

**Ing. Mec. Pablo Quantín**

**Dra. Natalia Tesón**

**Lic. Adm. Rural Sebastián Trupiano**

**Lic. Adm. Rural Gabino Vale**

## Comité Académico

**Prof. Carolina Chacón**

**Dra. Eugenia Garat**

**Dr. Fabián Tissoco**

**Dr. Carlos María Chezzi**

**Mg. Federico Larocca**

**Dr. Germán Scattone**

**Dr. Omar Faure**

**Dra. Viviana Rougier**

**Dr. Ricardo Rosales**

## CERTIFICADO EVENTO SOSTENIBLE



# Índice

## LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN RURAL

**Gleditsia triacanthos L. Evaluación de métodos y técnicas de control en ambientes riparios de la región de Salto Grande del Dpto. Concordia, Entre Ríos .....Pág.10**

*Gleditsia triacanthos L. Evaluation of control methods and techniques in riparian environments of the Salto Grande region of the Concordia Department, Entre Ríos*

Natalia Tesón, Federico Larocca, Martín A. Marco, Sergio M. Garrán, Gastón Alanís, Mario G. Álvarez y Mariángela Margagliotti

**Trayectorias académicas y ocupación de la tecnicatura y licenciatura en administración rural ....Pág.21**

*Academic trajectories and occupation of technical and bachelor degrees in rural administration*

Federico Larocca, Laura Gervasi, Nicolás Cettour y Gonzalo Cepeda

**Resultado económico de la cadena citrícola de Entre Ríos. Campañas 2021-2022 y 2022-2023 .....Pág.36**

*Economic result of the citrus value chain of Entre Ríos. Crop years 2021-2022 and 2022-2023*

Germán Scattone, Natalia Tesón, Luciano Cabrera Alegre, Anabela Mover, Federico Burna y Damián Berdún

## INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Propuesta de ensayos electromecánicos en herramientas y equipos para trabajos en instalaciones de más de un kilovolt energizadas .....Pág.45**

*Proposal for electromechanical testing on tools and equipment for work in installations of more than one kilovolt energized*

Luis Lorenzo Neira, Francisco Avelino Pérez, Rodrigo Andrés Franchini, Guillermo Andrés Quintero, Diego Javier Desgracia, Santiago Cabrera y Juan Martin Rubbio

**Estudio de la variación de la resistividad eléctrica del suelo a lo largo del año.....Pág.55**

*Study of the variation of the electrical resistivity of the soil throughout the year*

Mario Rafael Hernán Chury, Adrián Silva Busso, Viviana Venturino y Silvia Delaloye

## INGENIERÍA CIVIL

**Regeneración Integral de Barrio 708 Viviendas, Concordia . .....Pág.63**

*Comprehensive Regeneration of Neighborhood 708 Homes, Concordia*

María Emilia Medina, Alejandra Bruno, Leal Nicolás, Olivera Rocío, González Rocío, Mellone José

**Controles de calidad de hormigones tipo en plantas productoras del sur de la Región Mesopotámica Argentina. ....Pág.79**

*Type concrete quality controls in production plants in the south of the Mesopotamian Region, Argentina*

Fabián Andrés Avid, Alberto José Palacio, Mariana Panozzo Zéner y Schirley Natacha Cornaló

**Estudio de la profundidad de la zona activa en suelos arcillosos .....Pág.90**

*Study of the depth of the active zone in clay soils*

Oscar Rico, Alejandro García, Emilia Medina, Matías Cornaló, Luciano Genco Inchausti y Diego Silva

**Evaluación de la reología en estado fresco y endurecido de los hormigones sustentables obtenidos empleando el agua de lavado de camiones mixers de planta elaboradoras .....Pág.100**

*Rheology evaluation of fresh and hardened sustainable concrete using washing water from mixer trucks in manufacturing plants.*

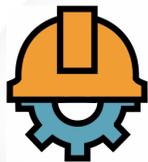
Cristian Gonzalo Caballero, José Alberto Palacio, Jorge Daniel Sota

**Infiltración de agua de lluvia en mezclas asfálticas porosas .....Pág.113**

*Rainwater infiltration in porous asphalt mixes*

Gustavo Larenze, María Eugenia Garat, Ivan Luna, Ignacio Fernandez Müller, Mateo Sastre, Nicolás Farías y María Antonella Lopez

# TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN



LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN RURAL



# Gleditsia triacanthos L. Evaluación de métodos y técnicas de control en ambientes riparios de la región de Salto Grande del Dpto. Concordia, Entre Ríos.

Gleditsia triacanthos L. Evaluation of control methods and techniques in riparian environments of the Salto Grande region of the Concordia Department, Entre Ríos.

Presentación: 03/10/2023

## **Natalia Tesón**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
natateson@gmail.com

## **Federico Larocca**

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concordia - Argentina  
federicol1968@gmail.com

## **Martín A. Marco**

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concordia - Argentina  
mmarco.forestal@gmail.com

## **Sergio M. Garrán**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia - Argentina  
sergiomariogarran@gmail.com

## **Gastón Alanís**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Concordia - Argentina  
federicol1968@gmail.com

## **Mario G. Álvarez**

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concordia - Argentina  
mariogalvarez@gmail.com

## **Mariángela Margagliotti**

Universidad Nacional de Tucumán - Argentina  
mery.margagliotti@gmail.com

## **Resumen**

Las invasiones biológicas pueden alterar de forma significativa la estructura de las comunidades vegetales, provocando la regresión de algunas especies, reduciendo su diversidad y modificando el funcionamiento de los ecosistemas.

Las características reproductivas de la acacia negra aunadas a su tolerancia a variadas condiciones ambientales (heladas, sequías y a todo tipo de suelos incluso salinos) le confieren una extraordinaria capacidad invasora. Actualmente es un problema presente en Argentina, Uruguay, España, Australia, Sudáfrica y en varios países del centro y este de Europa.

En Entre Ríos, tal como sucede en Uruguay, los bosques ribereños parecen constituirse en su ambiente preferencial, donde se ha extendido colonizando márgenes de los cursos de agua y sustituyendo al bosque nativo. También se la observa naturalizada en el monte entrerriano en muchos lugares del Distrito del Ñandubay. Debido a la magnitud del problema la Legislatura de la provincia de Entre Ríos sancionó en 2017 la Ley 10.485 por la cual declara de interés provincial el manejo y control de *G. triacanthos* y otras especies leñosas.

La información presentada forma parte del Proyecto de Investigación 8125 “Manejo y Control de Acacia negra *Gleditsia triacanthos* L.” de la UTN Facultad Regional Concordia cuyo objetivo es ampliar el conocimiento en la problemática local y las potenciales medidas de manejo, con la finalidad de contribuir a establecer un protocolo de prácticas que permitan reducir o remover focos de invasión y prevenir el reclutamiento de áreas no invadidas.

**Palabras clave:** *Gleditsia triacanthos*, especies exóticas invasoras, métodos de control, estudio regional.

## Abstract

Invasive alien species can significantly alter the structure of plant communities, causing the regression of some species, reducing species diversity and ecosystem functioning.

The reproductive characteristics of the honey locust combined with its tolerance to varied environmental conditions (frost, drought and all types of soils, including saline) give it an extraordinary invasive capacity. It is currently an invasive species in Argentina, Uruguay, Spain, Australia, South Africa and in several countries in central and eastern Europe.

In Entre Ríos, as in Uruguay, riparian forests seem to constitute its preferential environment, where it has spread, colonizing the margins of water courses and replacing the native forest. It is also seen naturalized in fields in Entre Ríos in many places in the Ñandubay District. Due to the magnitude of the problem, the Legislature of the province of Entre Ríos passed Law 10,485 in 2017, which declares the management and control of *G. triacanthos* and other woody species of provincial interest.

The information presented is part of the research project “Management and Control of *Gleditsia triacanthos* L.” of the UTN Concordia Regional Faculty whose objective is to expand knowledge of local problems and potential management practices to contribute to the establishment of a protocol to reduce or remove sources of invasion and prevent the recruitment of non-invaded areas.

**Keywords:** *Gleditsia triacanthos*, invasive alien species, control methods, regional study.

## Introducción

La llegada de especies exóticas a una comunidad supone a menudo cambios sustanciales en la red de interacciones entre las nativas preexistentes. En el caso particular de una invasora, ésta puede alterar de forma significativa la estructura de la comunidad, provocando la regresión de algunas especies, reduciendo la diversidad y modificando el funcionamiento del ecosistema (Traveset., 2015).

La acacia negra *Gleditsia triacanthos* L. es una especie arbórea, nativa de América del Norte, conocida como “acacia negra”, “acacia de tres espinas” o “corona de Cristo”. Pertenece a la familia de las Fabáceas, sus vainas o chauchas, de interesante valor forrajero, son consumidas por el ganado (Rossi et al. 2008). Este árbol caducifolio, de crecimiento inicial rápido con una amplia copa que lo hace atractivo para plantaciones ornamentales, es también utilizado para sombra y cortinas rompevientos. Estos atributos multipropósitos constituyeron muy probablemente la causa principal de su introducción al país a principios del XIX y en muchas partes del mundo donde hoy se ha vuelto invasora (Ceballos et al. 2020).

Las principales formas de dispersión de la acacia negra son la zoocoria, por los animales que consumen sus frutos (principalmente el ganado) y la hidrocoria, ya que las chauchas son transportadas por el agua (Caballero 2015; Dana 2022).

La especie se reproduce sexualmente con una alta tasa de fructificación y producción de semillas y asexualmente con una gran capacidad de rebrotar de cepas y de raíces si el árbol es dañado, por ejemplo, luego de incendios (Collinwood 1937; Rossi et al. 2008)

Estas cualidades de reproducción aunadas a su tolerancia a variadas condiciones ambientales (heladas, sequías y a todo tipo de suelos incluso salinos) le confieren a la acacia negra una extraordinaria capacidad invasora. Actualmente es una especie invasora en Argentina, Uruguay, España, Australia, Sudáfrica y en varios países del centro y este de Europa (Fernández et al. 2017)

La especie no está domesticada para usos forestales por lo tanto los árboles exhiben en su mayoría fustes múltiples, retorcidos y su elaboración resulta dificultosa por sus espinas ramificadas a lo largo del tronco y ramas. No obstante, su madera densa (700-800 kg/m<sup>3</sup>) y semi pesada, es apta para carpintería, ebanistería y para carbón y leña (CABI 2019).

En Entre Ríos, tal como sucede en Uruguay (Carvajales 2013), los bosques ribereños parecen constituirse en su ambiente preferencial, donde se ha extendido colonizando márgenes de los cursos de agua y sustituyendo al bosque nativo. También se la observa naturalizada en el monte entrerriano en muchos lugares del Distrito del Ñandubay. El avance de la ganadería hacia sitios marginales producto del crecimiento de la agricultura en las últimas décadas, posiblemente haya jugado un rol decisivo en la expansión de esta especie invasora en la provincia. Debido a la magnitud del problema la Legislatura de la provincia de Entre Ríos sancionó en 2017 la Ley 10.485 por la cual declara de interés provincial el manejo y control de *G. triacanthos* y otras especies leñosas.

Existen algunos antecedentes en la región sobre el control químico de la especie con distintas formas de aplicación y principios químicos (Maranta 2021; Sosa et al. 2015; Di Marzio 2009; Armstrong, 1993), a partir de los cuales fueron seleccionados los tratamientos evaluados.

La presente información forma parte del Proyecto de Investigación y Desarrollo “Manejo y Control de Acacia negra *Gleditsia triacanthos* L.” de la UTN Facultad Regional Concordia cuyo objetivo general es ampliar el conocimiento en la problemática local y las potenciales medidas de manejo, para contribuir a establecer un protocolo de prácticas de manejo y control para reducir o remover focos de invasión y prevenir el reclutamiento de áreas no invadidas.

## Desarrollo

Las actividades del proyecto se iniciaron en la primavera de 2020 con la selección de los sitios de ensayo y de los tratamientos a evaluar, los que en todos los casos se aplicaron en árboles individuales para evitar efectos indeseables en el ambiente circundante. La efectividad de los tratamientos fue evaluada durante la época de activo crecimiento entre noviembre y abril. En todos los ensayos se utilizó un diseño completamente aleatorizado con parcelas de un solo árbol y un número variable de entre 6 a 10 repeticiones.

Se instalaron tres series de ensayos (2020-2021-2022). En los mismos se evaluaron tratamientos químicos que combinaron distintos herbicidas, formas de aplicación, concentraciones y soluciones. Los principios activos utilizados en los tratamientos fueron glifosato, aminopyralid/triclopyr, fluroxipyr-metil y metsulfuron. Las formas de aplicación fueron en la cepa del árbol apeado (Fig.1 izq. ab.), realizando perforaciones inclinadas en el tronco en pie (Fig.1 izq. arr.), pulverizaciones en la base del árbol (Fig 1. Der. Arr.) y aplicaciones en cortes en la corteza basal (Fig 1 der., ab). En los tratamientos con perforaciones se evaluó además el número de perforaciones. También se incluyó un tratamiento físico que consistió en, luego de la tala del árbol, cubrir la cepa con PVC (Fig.2) para que la luz no estimule la brotación. Mayor detalle sobre los tratamientos se presenta en la Tabla 1.



Figura 1. Tratamientos con herbicidas: inyectado (arriba izq.), pulverización en la base (arriba derecha), pincelado sobre el árbol apeado (abajo izq.), aplicación del herbicida puro en aperturas de la corteza (abajo derecha).



Figura 2. Cobertura de cepa con maceta PVC (ensayo 1).



Figura 3. Aplicación de herbicidas: a.- Perforación con taladro eléctrico, b.- Aplicación con jeringa y c.- Tapado con masilla.

Tabla 1. Lista de tratamientos evaluados en todos los ensayos.

Identificación	Talado / En pie	Modo de aplic.	Principio activo	Concentración (*)	Descripción del tratamiento
TPVC	Talado	Cobertura PVC			Inmediatamente después de la tala se cubre la cepa
TG	Talado	Pincelado	Glifosato (**)	20 %	Inmediatamente después de la tala se pincela con el herbicida
TTC	Talado	Pincelado	Aminopyralid + Triclopyr (***)	1,5 %	Inmediatamente después de la tala se pincela con el herbicida
TC1,5T	En pie	Perforaciones	Aminopyralid + Triclopyr (***)	1,5 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 15 cm <sup>3</sup> /agujero - 1 c/5 cm de DAP, tapado
TC3T	En pie	Perforaciones	Aminopyralid + Triclopyr (***)	3 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 15 cm <sup>3</sup> /agujero - 1 c/5 cm de DAP, tapado
G20T	En pie	Perforaciones	Glifosato (**)	20 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 15 cm <sup>3</sup> /agujero 1 c/5 cm de DAP, tapado
G20	En pie	Perforaciones	Glifosato (**)	20 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 15 cm <sup>3</sup> /agujero 1 c/5 cm de DAP, sin tapar
G1AG	En pie	Perforaciones	Glifosato (**)	30 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 10 cm <sup>3</sup> en 1 solo agujero, sin tapar
G30	En pie	Perforaciones	Glifosato (**)	30 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 10 cm <sup>3</sup> /agujero - 1c/5 cm de DAP sin tapar
G100	En pie	Perforaciones	Glifosato (**)	100 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 3 cm <sup>3</sup> /agujero - 1c/5 cm de DAP sin tapar
CCG	En pie	Cortes corteza	Glifosato (**)	100 %	Lastimaduras en la corteza con machete y aplicación con gotero, variable con el diámetro, promedio 7,5 cm <sup>3</sup> /árbol (DAP medio 19 cm)
M0,5	En pie	Perforaciones	Metsulfurón (****)	0,5 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 10 cm <sup>3</sup> /agujero - 1c/5 cm de DAP sin tapar
M0,5B	En pie	Perforaciones	Metsulfurón (****)	0,5 %	Perforaciones inclinadas en la base del tronco, 10 cm <sup>3</sup> /agujero - 1c/5 cm de DAP sin tapar
M3	En pie	Perforaciones	Metsulfurón (****)	3 %	Perforaciones inclinadas en el tronco al metro de altura, 5 cm <sup>3</sup> /agujero - 1c/5 cm de DAP sin tapar
ST	En pie	Pulverización	Fluroxypyr metil (****)	3 %	Diluido en Gasoil. Pulverización sobre la corteza 50 cm basales, gasto variable según diámetro, promedio 65 cm <sup>3</sup> /árbol (DAP medio 19 cm)
Testigo	Talado / En Pie		SIN	0%	En función del ensayo hay testigos talados y en pie, perforados y con aplicación de agua y sin perforación, pero en ningún caso tienen aplicación de herbicidas

(\*) La concentración está dada en porcentaje del formulado comercial formulado sobre el total (con agua o gasoil)

(\*\*) Glifosato. Marca Comercial (N.C.) Panzer® Gold, concentrado soluble. Equivalente ácido glifosato 48 g/100 cm<sup>3</sup>

(\*\*\*) Aminopyralid/Triclopyr. M.C. Tocón™ Extra, concentrado emulsionable. Equivalente ácido Triclopyr 12 g/cm<sup>3</sup>

(\*\*\*\*) Fluroxypir metil. M.C. Starane® Xtra concentrado emulsionable. Equivalente ácido fluroxypyr 33,3 g/100 cm<sup>3</sup>

(\*\*\*\*\*)Metsulfurón. M.C. Metsulfurón 60, gránulos dispersables. Metsulfurón metil 60 g/100gr.

Las evaluaciones se realizaron según una escala de daños visibles asignando C0 (copa no afectada o cepa con rebrote normal) a C3 (copa muy afectada o cepa sin rebrotes). Considerando la respuesta una escala ordinal cualitativa: (0=nada, 1=algo, 2=efectivo, 3=muy efectivo), se ajustaron los datos según un modelo logit acumulativo con muy buenos parámetros de ajuste y se estimaron las probabilidades para cada tratamiento aplicado.

Tratamientos sobre cepas de árboles apeados: en general fueron efectivos. No obstante, se observaron rebrotes en algunas cepas tratadas con TTC (aminopyralid/triclopyr al 1,5%). El tratamiento TPVC (tapado físico con cobertura plástica), si bien efectivo en cuanto a impedir el acceso de luz que estimula la brotación, no evitó totalmente el rebrote de cepas, aunque en su mayoría exhibieron brotes etiolados pobremente desarrollados que, pasado el año, no progresaron y en algunos casos murieron. Entre las dificultades presentadas con la cobertura plástica, se encuentra que algunas fueron intencionalmente removidas o vandalizadas. Entre las desventajas de los tratamientos que incluyen el volteo de árboles - bien señaladas en otras experiencias y corroboradas en la presente - es la complejidad del manejo de los residuos dado el gran volumen de copa acumulado en el suelo.

La aplicación de agroquímicos sin apeo de árboles: mostró en general buena efectividad, diferenciándose todos claramente de los testigos sin tratar o con aplicación sólo de agua.

En los primeros ensayos los tratamientos G20 y G20T (Glifosato 20% sin tapar o tapado) resultaron más efectivos que TC1,5T (aminopyralid/triclopyr 1,5%) en el que a los 2 años aún persistían brotes en la parte inferior de la copa de los árboles tratados; sin embargo, debe hacerse notar que el control de este mismo herbicida mejoró al duplicar la dosis al 3% en TC3T en un segundo ensayo.

Para comparar dos herbicidas diferentes de uso bastante extendido (Glifosato y Metsulfurón), se utilizaron los tratamientos G30 y G100 con M0,5 y M3. Estos ensayos fueron instalados en primavera de 2022, por lo que a la fecha sólo se cuenta con un período relativamente corto de evaluación (posterior desde otoño a primavera no se pueden evaluar los ensayos por la caída natural del follaje). Hasta los 160 días desde aplicación el control fue similar, aunque no se detectaron como diferencias significativas en el ensayo, la dosis más baja de Metsulfurón (M0,5) en pruebas fuera de ensayo tiene una tendencia a menor control por lo que sería recomendable incrementarla y por ello se incorporó en un segundo ensayo del mismo año M3. De todos modos se entiende que debe esperarse un período mayor, al menos hasta fin 2023, ya que las evaluaciones del primer año brindan una buena idea sobre el impacto inicial y la defoliación, pero no evalúan la posibilidad de rebrotar al año siguiente, cuestión que ya se ha observado en varios casos.

Para evaluar el efecto del tapado del agujero post aplicación se compararon G20 vs G20T. En ambos tratamientos casos se aplicó la misma cantidad por perforación (15 cm<sup>3</sup>) con una concentración de glifosato en agua del 20%, variando la cantidad de agujeros en función del diámetro del árbol a 1,3 metros de altura (DAP): 1 agujero hasta 10 cm de DAP, 2 agujeros de 10 a 15 cm, 3 agujeros de 15 a 20 cm y así sucesivamente agregando un agujero cada 5 cm de incremento del diámetro. Los resultados indicaron que no hubo efecto en el control por el tapado, por lo que si se considera solo el nivel de control, el tapado no sería necesario.

Concentración de la solución: para evaluar el efecto de la concentración de la solución de glifosato en agua (20%, 30 % y 100%) se compararon los tratamientos G20, G30 y G100, que aplican la misma cantidad de producto por agujero (3 cm<sup>3</sup>) pero con diferente cantidad de agua, esto implica agujeros de menor profundidad y menor demanda de tiempo y energía en los de mayor concentración. Todos controlaron aceptablemente y no se encontraron diferencias entre estos tres tratamientos.

Cantidad de perforaciones: para evaluar si sería suficiente hacer una sola perforación o es necesario variarlas incrementalmente con el diámetro, se compararon los tratamientos G1AG con G30, en los que se utilizó el mismo producto con la misma dilución en agua (30%) y aplicando la misma cantidad de solución por agujero, pero en el primero de ellos sólo un agujero, independientemente del diámetro del árbol. En este caso resultó que G1AG controló aceptablemente algunos árboles de menor

diámetro, no así los mayores, resultando en un control medio bajo por lo que es necesario hacer mayor cantidad de perforaciones (y por lo tanto aplicar mayor cantidad de producto y distribuido en todo el perímetro).

**Perforación vs. Corte o apertura de la corteza:** se compararon G100 con CCG para evaluar la alternativa de aplicar el mismo producto puro, en agujeros distribuidos en todo el perímetro del árbol y en cantidad proporcional al diámetro y aplicación de 3 cm<sup>3</sup> por agujero con jeringa, o en aperturas hechas a la corteza con herramientas cortantes (machete o hacha de pequeña dimensión) hasta llegar al cambium, y en este caso, aplicación con gotero. El tratamiento con perforaciones realizó un control muy superior. Las aperturas de la corteza se realizaron en todo el perímetro pero a diferentes alturas de modo de no producir un anillado continuo, y se aplicó todo el producto posible evitando chorreos fuera del corte, aún con ello el gasto de producto fue un 30% menor que si se hubieran realizado perforaciones en función del diámetro en los mismos árboles. Es decir que no sólo hubo aquí una diferencia en el sistema de aplicación, sino también en la cantidad de producto aplicado, aunque esta fue consecuencia del propio método, que no permitió aplicar más en el segundo caso.

**Aplicación sin voltear ni perforar el árbol.** El tratamiento ST es el único que se aplicó sin cortar ni perforar, sólo pulverizando exteriormente con una dilución del 3 % de Starane ® Xtra en gasoil, mojando la corteza de los árboles en toda su circunferencia desde los 0 hasta los 50-60 cm de altura desde el suelo. Este tratamiento se incorporó en la serie 2022 por lo que sólo se cuenta con evaluaciones hasta 160 días. Hasta esa fecha fue el que mejor control logró, inclusive los síntomas en la corteza indican que probablemente persista el buen nivel de control, pero es necesario un período mayor de evaluación para poder elaborar conclusiones definitivas. Entre las desventajas de este tratamiento están que se aplica con gasoil, y tiene un consumo relativamente alto, que depende del diámetro de los árboles, pero en el caso ensayado, con un promedio de 19 cm de DAP resultó de 65 cm<sup>3</sup>/árbol por lo que se requirió un litro de gasoil cada 15 árboles, además es el tratamiento -dentro de los evaluados-, que mayor probabilidad de deriva tiene, pudiendo ocasionar algún efecto a la vegetación circundante. Entre las ventajas está la facilidad de aplicación, que no es necesario acercarse tanto al árbol (cuestión no menor en esta especie), que se aplica en una sola operación no requiriendo taladro (u otra herramienta), por lo cual es más rápido y más fácil de aplicar, sobre todo en el caso de fustes múltiples, a su vez puede aplicarse incluso en fustes de menos de 10 cm de diámetro, en los que hacer la perforación del tamaño suficiente suele traer inconvenientes.

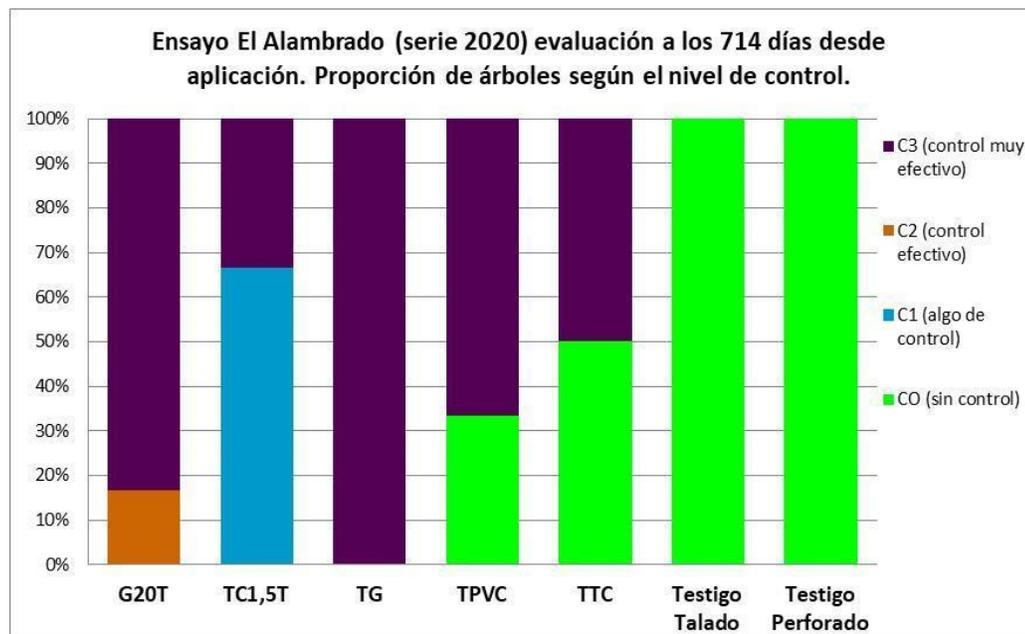


Figura 4. Ensayo 1 serie 2020 evaluado hasta septiembre 2022. En TPVC, debe considerarse que 2 coberturas se perdieron y por ello se perdió eficiencia. En TC1,5T y TTC el menor control no se debería al herbicida, sino a la dosis, ya que en otro ensayo del mismo año, al duplicar la dosis mejoró el control.

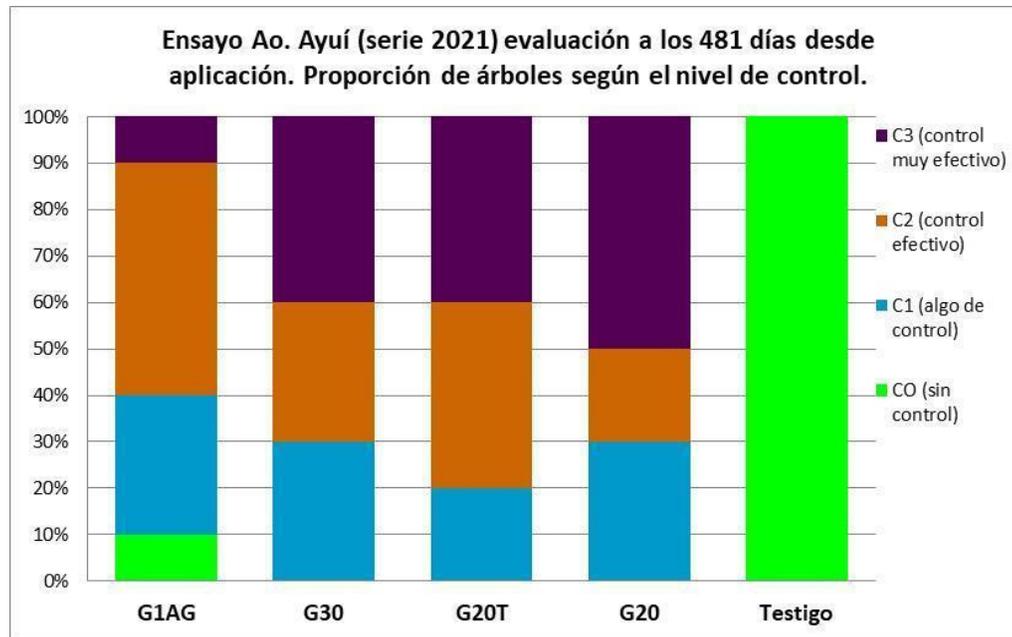


Figura 5. Ensayo Arroyo Ayuí serie 2021 evaluado hasta abril 2023. Se probaron diferentes formas de aplicación y concentraciones del herbicida Glifosato.

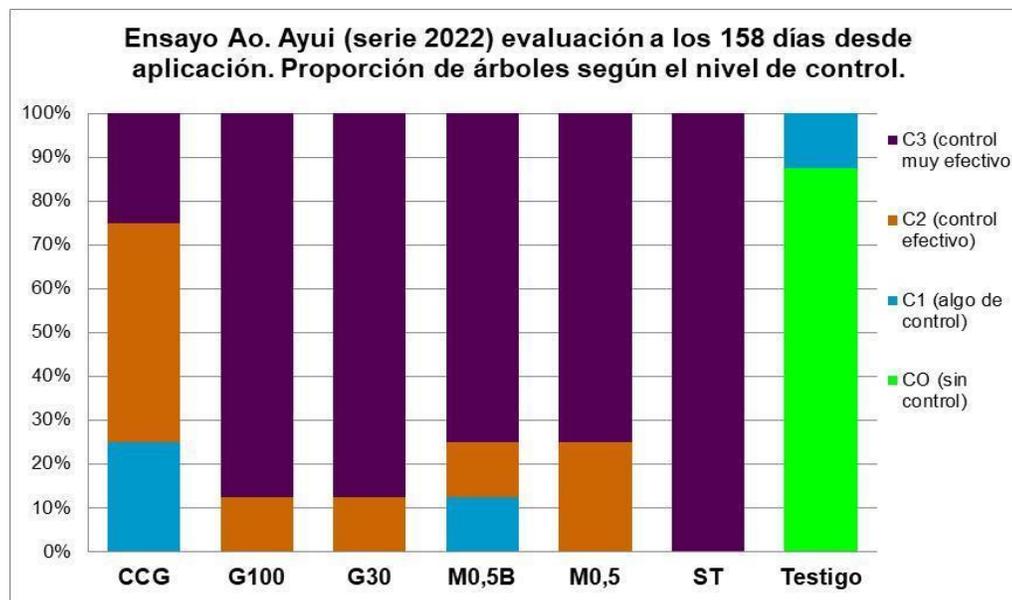


Figura 6. Ensayo Arroyo Ayuí serie 2022 evaluado hasta abril 2023.

Controladores biológicos. Con la idea de observar la presencia de insectos en frutos y semillas se llevó a cabo en el mes de noviembre de 2021 una cosecha de vainas maduras aún presentes en la copa inferior de árboles adultos en 10 sitios diferentes del departamento Concordia. Esto permitió detectar la presencia generalizada de un escarabajo de origen asiático identificado taxonómicamente como *Megabruchidius tonkineus* (Pic 1904) – Orden: Coleóptera, Familia: Bruchidae, Subfamilia: Bruchinae, Tribu: Bruchidini (Fig. 7), consumiendo aproximadamente un 30% de semillas viables. Si bien su presencia está documentada en varios lugares de Argentina (Di Iorio 2005, Di Iorio 2015) y más recientemente en Uruguay (Del Giorgio et al. 2022), este caso constituye el primer registro de este escarabajo en la región de Salto Grande. Como todo registro de control biológico no programado debe monitorearse su grado de especificidad para conocer su eventual impacto en la flora nativa.



Figura 7: *Megabruchidius tonkineus* emergiendo de las semillas de acacia negra.

## Conclusiones

Esta problemática es compleja y no se reduce sólo a eliminar algunos ejemplares, se requiere de acciones integrales y coordinadas, enfocadas desde los diversos niveles de gestión, desde el productor o propietario, las asociaciones intermedias hasta niveles gubernamentales, para enfocar una política integrada. No serán fructíferos esfuerzos individuales en que se controle sólo en áreas reducidas ya que estas invasiones no respetan los mismos límites que establecemos los seres humanos, por lo cual es un esfuerzo en gran medida desperdiciado controlar en un predio si en los vecinos no se hace.

Tanto en los ensayos como en pruebas de control operativo en condiciones de campo, se obtuvieron resultados diversos, pero en general coincidentes en que es posible controlar individuos de la especie con bastante eficacia. La elección del tratamiento a aplicar dependerá del ecosistema invadido, el grado de invasividad y los recursos disponibles.

Para control de ejemplares adultos, los métodos con perforación de tronco e inyección de herbicida parecen más apropiados para el control de *G. triacanthos* ya que reducen los efectos sobre el ambiente y disminuyen los costos operativos. En las pruebas hechas con Glifosato el tapado de la perforación post aplicación (con masilla o con poliuretano) no redundaba en una mayor eficiencia en el control. Tampoco se obtuvieron diferencias por realizar las perforaciones alrededor de 1 m desde el suelo o a nivel del suelo. Si resultaron diferencias por la cantidad de perforaciones (y con ello naturalmente la cantidad de producto aplicado) siendo que deben ajustarse al diámetro y distribuirse en toda la circunferencia del fuste. Se encontraron individuos que rebrotaron al año y a los 2 años desde la aplicación cuando habían sido aparentemente controlados, lo que indica que seguramente deban hacerse repasos periódicos. La aplicación de herbicida diluido con gasoil pulverizando exteriormente la corteza brindó el mayor nivel de control, debe analizarse un período de tiempo mayor, en principio es menos amigable ambientalmente, y el costo de los insumos es mayor aunque debe estimarse el costo total ya que la aplicación es más sencilla. El volteo del árbol, permite un buen control pincelando o tapando el tocón, es bastante complicado en situaciones de alta densidad, y trae dificultades por el gran volumen de ramas espinosas que dificulta el acceso.

En cuanto al reclutamiento, los ejemplares jóvenes son relativamente fáciles de controlar, pero debe incorporarse esta etapa en el plan de manejo porque posteriormente se transforman en un problema mayor. Los herbívoros los consumen en su fase inicial, pero cuando crecen y sus espinas son firmes ya no. En pruebas con herbicidas habituales se controlan eficientemente con pulverizaciones, sin embargo no debe menospreciarse esta etapa.

El rol del ganado es fundamental en la dispersión por lo que el manejo del mismo debe ser incorporado en cualquier protocolo para control de la especie, incluyendo la evaluación de la procedencia de los animales que ingresen a un lote y previendo posibles áreas de bosteo / desbaste controladas.

Se detectaron e identificaron insectos que parasitan las semillas y le hacen perder viabilidad, en múltiples sitios y en los 3 años consecutivos que llevó el proyecto, evidentemente hay ya un control biológico no programado y existe allí una necesidad de seguir indagando el potencial uso para los programas integrados de manejo.

## Referencias

- Armstrong, T. R. 1993. Honey Locust (*Gleditsia triacanthos*) and its control. 10th Australian Weeds Conference/14th Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Published by Weed Society of Queensland. Brisbane, Queensland, Australia.
- Caballero, N. 2015. Análisis de las invasiones especies leñosas exóticas en las Quebradas del Norte de Uruguay. En *Especies Exóticas Invasoras Leñosas: Experiencias de control*. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras. Montevideo, ROU, 2015. CABI. 2019. *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB Int. [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc)
- Carvajales, A. 2013. Modelos de distribución de la acacia invasora *Gleditsia triacanthos* como herramienta para su gestión. Tesina de grado Licenciatura en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UdelaR.
- Ceballos, S.J., Jiménez, G., Fernández, R. D. 2020. Estructura de los bosques de *Gleditsia triacanthos* en función de la edad (Valle de La Sala, Tucumán, Argentina). *Ecología Austral* 30: 251-259
- Collingwood, C.H. 1937. *Knowing your trees*. The American Forestry Association. Washington D.C. USA. 213 p.
- Del Giorgio, F.; Morelli, E., Yus Ramos, R., Jabs, M.. 2022. Primer registro de *Megabruchidius tonkineus* (Pic, 1904) y *Amblycerus robiniae* (Fabricius 1781) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) en la invasora *Gleditsia triacanthos* L., en Uruguay. *Boletín de la SEA*, ISSN 1134-6094, N°. 71, págs. 183-185
- Di Iorio, O. R. 2005. Una especie asiática de Bruchidae (Coleoptera: Chrysomelidae) que se desarrolla en las semillas de *Gleditsia triacanthos* L. (Caesalpiniaceae) en la Argentina. *Agrociencia* 39(3): 327–337.
- Di Iorio, O.R. 2015. A new previously predicted larval host for the Asian seed beetle *Megabruchidius tonkineus* (Pic, 1904), and the incorporation of *M. dorsalis* (Fåhraeus, 1839) to the Argentinian fauna of Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 56: 327-334.
- Di Marzio, W., Sáenz, M. E., Alberdi, J., Fortunato, J.N., Tangorra, M. 2009. Estrategia de manejo de acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) en la cuenca del río Luján. *Evaluación ecotoxicológica del herbicida Togar BT*. *Revista Argentina de Ecotoxicología y Contaminación Ambiental* 1: 1-7.
- Fernández, R. D., Ceballos, S. J., Malizia, A., Aragón, R. 2017. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: a review of its invasion. *Australian Journal of Botany* 65(3): 203-213.
- Maranta, A. 2010. El control de leñosas exóticas en el Parque Nacional El Palmar. Informe de Gestión 2001–2010. Administración de Parques Nacionales de Argentina.
- Rossi, C. A., González, G. L., Torr , E. 2008. Evaluación forrajera de hojas y frutos de "Acacia negra" (*Gleditsia triacanthos* L.). Comunicación. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 28 Supl. 1: 349-543
- Sosa, B., Caballero, N., Carvajales, G., Fernández, A. L., Mello, A., Achkar, M. 2015. Control de *Gleditsia triacanthos* en el Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay. *Ecología Austral* 25: 250-254.

Sosa, B., Zellner, M., Chiale, C., Achkar, M. 2020. Simulación de la leñosa invasora *Gleditsia triacanthos* en el Parque Nacional Esteros de Farrapos. Potencialidades de los modelos basados en agentes. Congreso de Ciencias Ambientales. Punta del Este, Uruguay.

Traveset, A. 2015. Impacto de las especies exóticas sobre las comunidades mediado por interacciones mutualistas. Ecosistemas, vol. 24, núm. 1, enero-abril, 2015, pp. 67-75.

# Trayectorias académicas y ocupación de tecnicatura y licenciatura en administración rural

## Academic trajectories and occupation of technical and bachelor degrees in rural administration

Presentación: 03/10/2023

### **Federico Larocca**

Profesor titular, docente investigador, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina  
federicol1968@gmail.com

### **Laura Gervasi**

Profesora Adjunta, docente investigadora, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
gervasi.sociologia@gmail.com

### **Nicolás Cettour**

Becario de Investigación, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
Fncettour@gmail.com

### **Gonzalo Cepeda**

Becario de Investigación, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

### **Resumen**

En el presente trabajo se publican resultados parciales del Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) 8220: “Trayectorias académicas y ocupación de estudiantes y graduados de Licenciatura en Administración Rural, con perspectiva de género”, en el que intervienen las 7 Facultades Regionales de la Universidad Tecnológica Nacional que tienen implementada de forma completa la carrera de Licenciatura en Administración Rural con título intermedio de Tecnicatura en Administración Rural.

Los resultados de estadísticas de inscripciones y aprobaciones, muestran que la mayor parte del desgranamiento se da en el primer año, y continúa en el segundo. Las asignaturas que mayores dificultades tienen en cuanto a las proporciones de regularización se identifican claramente y se relacionan con el año de curso y el área de conocimiento.

A través de encuestas se corrobora que el estudiantado identifica la preparación previa insuficiente en primer término y además cuestiones de horario y limitaciones con el trabajo como dificultades principales en la transición entre la secundaria y la universidad. Del mismo modo identifican la falta de hábito y habilidades de estudio junto con restricciones vinculadas al horario y cuestiones laborales como las principales causas de abandono de la carrera. Los docentes perciben notoriamente mayor grado de dificultad para los estudiantes que ellos mismos, la identificación de principales dificultades así como de causas de abandono son similares, remarcando la preparación y desarrollo de capacidades previas.

Una alta proporción de los estudiantes trabaja. Y más de dos tercios de los estudiantes, al ingresar a la Facultad han superado el nivel de educación formal de sus padres y madres.

La caracterización de los contextos, las estadísticas y relevamiento de percepción tanto de estudiantes como de docentes puede permitir identificar oportunidades de mejora para el inicio del trayecto universitario, tanto en el diseño curricular, como en cuestiones de organización y actividades de apoyo para incrementar la retención, e inclusive en la interacción previa al ingreso a la Universidad.

Respecto a los graduados se relevaron sus niveles de ocupación y las principales demandas con interesantes resultados.

**Palabras clave:** trayectorias, tasa de deserción, transición, universidad

## Abstract

The aim of this paper is to reveal partial results of the Research and Development Project (PID) 8220: “Academic trajectories and occupation of Rural Administration students and graduates with a gender perspective”. Seven UTN regional colleges take part in this project. These seven colleges offer both a Rural technician intermediate degree and a Bachelor’s degree in Rural Administration.

Statistics show that dropout and failure rates are higher in the first two years. The most difficult subjects are clearly identified and they are closely related to the year of course and the knowledge area. Surveys and interviews with students also show a difficult transition from high school to university due to lack of knowledge. In addition, they acknowledge their lack of study habits and they show concern about timetables and work-related problems. These are the main reasons for dropout. Teachers identify similar problems and difficulties. Most students work and about two thirds of them have a higher education than their parents. In this context, the transition to university is seen as an opportunity to improve curriculum design and to reduce dropout rates by implementing better organization and extra classes. Graduate occupation levels and main demands were also surveyed with interesting results.

**Keywords:** trajectories, dropout rates, transition, University

## Introducción

Este proyecto busca indagar diferentes cuestiones del trayecto universitario y la ocupación de los graduados abordando el análisis del transcurso de las carreras a través de los registros de los departamentos alumnos de cada una de las Facultades Regionales (FR), así como de encuestas a los estudiantes, docentes y graduados. Se intenta obtener un relevamiento de las principales dificultades que enfrentan estudiantes y graduados y oportunidades de mejora del diseño y contenidos de la carrera, así como de las capacidades demandadas en los graduados, herramienta que se estima de gran utilidad para repensar las competencias más adecuadas en la carrera y en cada asignatura. Al no haber finalizado el proyecto aún, se debe en este trabajo se publica completa (para las 7 FR) sólo la componente que tiene que ver con la transición secundaria – universidad y los primeros años de estudios, y el resto de componentes se presentan sólo de FR Concordia que tienen mayor grado de avance.

A través de relevamientos de datos de registros y encuestas se busca identificar las principales relaciones que determinan: la deserción, el desgranamiento y la lentificación durante el transcurso de la carrera, particularmente

para esta publicación en los primeros años, para ello se define a continuación en que marco son tomados algunos conceptos.

Según Vicent Tinto[1] la deserción en la educación superior es un tema extremadamente complejo, ya que implica una variedad de perspectivas y una gama de diferentes tipos de abandono. La deserción no sólo depende de las intenciones individuales sino también de los procesos sociales e intelectuales de las personas. El abandono o demora de la graduación por parte de un estudiante está dado por factores personales, familiares, sociales e institucionales. Dentro de los factores personales se encuentran las capacidades cognitivas, hábitos de estudio, personalidad, autoestima, desarraigo, inteligencia emocional entre otras; mientras que los factores familiares y sociales comprende a los entornos en los cuales se desenvuelve el alumno y comprende temas relacionados a la violencia, adicciones, nivel educativo de sus padres, desempleo, etcétera. En cuanto a los factores institucionales el autor mencionado hace referencia a las condiciones edilicias, material didáctico, biblioteca, políticas de ingreso, planes de estudio actualizados, etcétera. A ello podríamos agregar por nuestra cuenta y en función de la experiencia de los últimos años el acceso y la afinidad con la tecnología y la conectividad, más las capacidades tanto de docentes como de estudiantes de lograr superar la falta de presencialidad. Volviendo a Vincent Tinto, se entiende por desgranamiento al número de alumnos que, habiendo cumplimentado la inscripción a las materias correspondientes al año lectivo, no alcanzan la regularidad de las mismas o bien la hayan perdido luego de exámenes finales reprobados, según lo establece la reglamentación vigente, a su vez, se define desgranamiento temprano, al producido durante los dos primeros años de cursado de las carreras.

Cuando se trata las problemáticas de desgranamiento, lentificación o abandono de los estudios se definen cinco tipos de modelos: psicológicos, sociológicos, económicos, organizacionales e interaccionales (Braxton, Shaw-Sullivan y Johnson, 1997 citado en Viale Tudela, 2014[2]; Fernández de Morgado, 2009[3]). Entre ellos se destacan dos enfoques generales a saber: uno que fija su atención en la determinación de los factores que promueven la estadía y el avance académico, en tiempo y forma, del alumno dentro de las universidades; y por otro lado, y en su gran mayoría, los que trabajan para determinar los factores que inciden negativamente sobre la permanencia y el avance regular en la carrera elegida. Otra clasificación se puede realizar de acuerdo al tipo de factor o variables explicativas (Personales-Familiares e Institucionales) que priorizan cada uno.

Dentro del ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional y de LAR existen algunos antecedentes ya publicados respecto a estos aspectos como: “Diseño curricular y grado de regularización y aprobación según asignaturas y ciclos en la Licenciatura en Administración Rural”, (Miño y Larocca, 2013 [4]). Así también se produjo un análisis más amplio en el Congreso de Licenciatura en Administración Rural 2015, en el que las comisiones I y II trataron específicamente los problemas iniciales en el trayecto universitario y en sus actas [5] figuran las conclusiones consensuadas. Gervasi et al, 2022 [6] presentaron detalles y resultados provisorios de este mismo proyecto.

La desigualdad de género está presente en múltiples aspectos de la realidad social en Argentina, el acceso al mercado de trabajo y la jerarquía del puesto alcanzado son dos de las dimensiones donde la posición desventajosa de las mujeres se manifiesta sobre todo en las estadísticas. Esta situación, plantea un desafío permanente para las políticas públicas, pero también para los actores sociales que integran este espacio, es decir, Universidades, trabajadores, empleadores y sus correspondientes organizaciones. Resulta interesante, entonces observar la influencia del “género” en los aspectos aquí abordados. Fueron pocos los elementos que se pudieron abordar como género y la mayoría pudo procesarse como sexo ya que así figuran los registros.

En este texto, se utiliza el masculino genérico sólo con el objetivo de simplificar la escritura. Es importante destacar que se analiza y considera tanto a varones como a mujeres, así como a personas de diferentes identidades de género en las reflexiones y análisis en los que fueron posibles.

## Desarrollo

La investigación se centra sobre dos ejes temáticos fundamentales: la trayectoria académica y la actividad profesional de la Licenciatura en Administración Rural (LAR) en cada una de siete Facultades Regionales (FR) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). El primer año se ajustaron los métodos y relevaron las estadísticas de la FR Concordia. En la segunda etapa se avanzó en las otras 6 FR en las que funciona con ciclo completo la LAR: Rafaela, Reconquista, Resistencia, San Francisco, Trenque Lauquen y Villa María.

Para evaluar el ingreso y el desgranamiento en los primeros años se utilizaron registros de: inscripción a la carrera y a las asignaturas de primer año, aprobación directa, regularización y libres y resultados de exámenes finales, todos ellos aportados por los departamentos Alumnos de cada FR. Para analizar las causas del desgranamiento y deserción en el ingreso y primeros años se realizaron encuestas estudiantes y docentes sobre su apreciación de las dificultades en la transición y los primeros años de la carrera, solicitando a los estudiantes su perspectiva tanto sobre sus propios problemas como sobre la de sus ex compañeros. Ambas encuestas fueron realizadas en formularios de *Google* y sus resultados procesados con planillas de cálculo. Se determinó inicialmente la población objetivo como: todos los estudiantes que cursaban al momento de la encuesta alguna materia de primer o segundo año y todos los docentes (profesores y auxiliares) que dieran clases en alguna materia de primer o segundo año incluyendo también al curso de ingreso. Los porcentajes de respuestas de cada una de las poblaciones (Estudiantes y Docentes), variaron según FR, pero en total superaron el 60 %.

Para evaluar las graduaciones se tomaron las estadísticas del departamento Alumnos, del departamento títulos y de aprobación de Seminario final. Para aspectos relacionados a la ocupación de Técnicos y Licenciados, se realizaron relevamientos a los mismos en dos etapas. En la primera tomando como base toda la lista de Técnicos y Licenciados desde el inicio de la carrera, se identificó la mayor cantidad posible de referentes de diferentes años de cursado y titulado y a través de ellos se relevaron los datos básicos de la ocupación y datos de contacto para hacer una ampliación posterior, esta información se denominó de “datos de terceros”. En la segunda etapa se realizó una encuesta directa a partir de los datos obtenidos en la anterior.

**Ingresantes:** se consideró “ingresantes” a todos aquellos estudiantes que comenzaron a cursar alguna materia en primer año por primera vez en LAR. Desde el inicio de la carrera (1996) están registrados por sexo (binario), por lo que sólo se puede analizar la serie de ese modo, igualmente se considera importante analizar la participación femenina y su evolución. En las figuras 1 y 2 se puede observar como con un promedio de 30 ingresantes por año para la FR Concordia, tuvo una tendencia creciente hasta 2010 donde se llegó al pico máximo de 48 y a partir de allí, se mantuvo cercana al promedio exceptuando algunos años puntuales, como 2016, cuando se registró un mínimo de 15. La proporción de ingresantes femeninas tiene una tendencia creciente, los primeros 10 años promediaron poco más del 20% y los últimos 10 años superaron el 40 %.

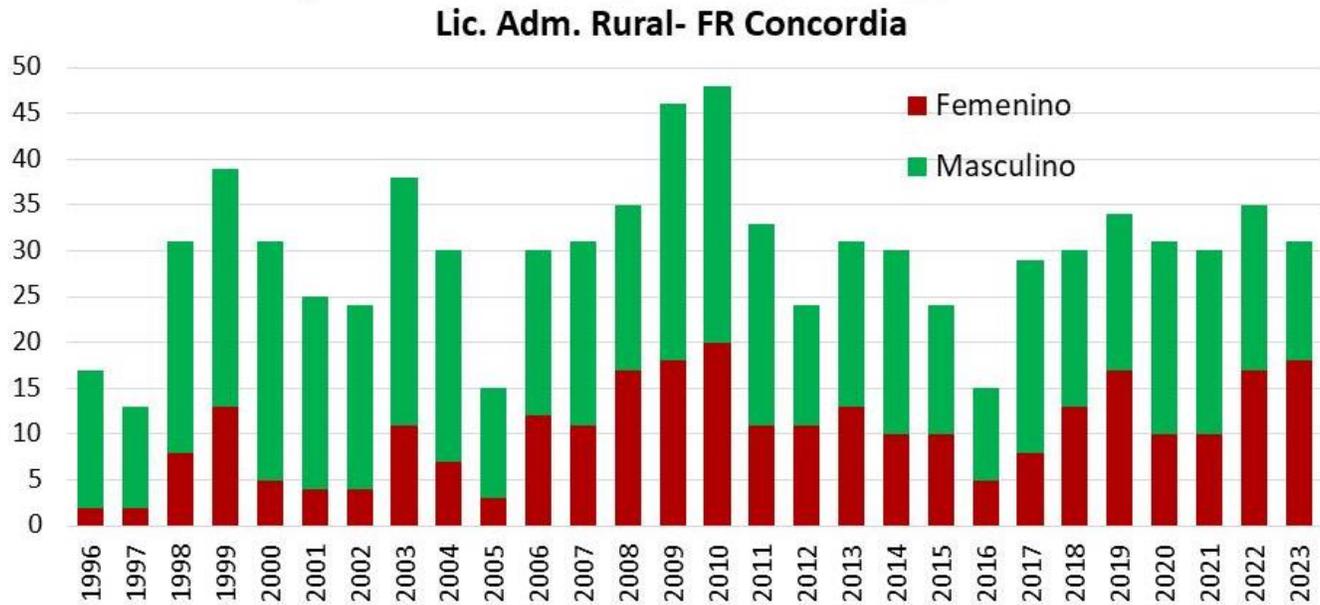


Figura 1. Cantidad de Ingresantes por año y por sexo

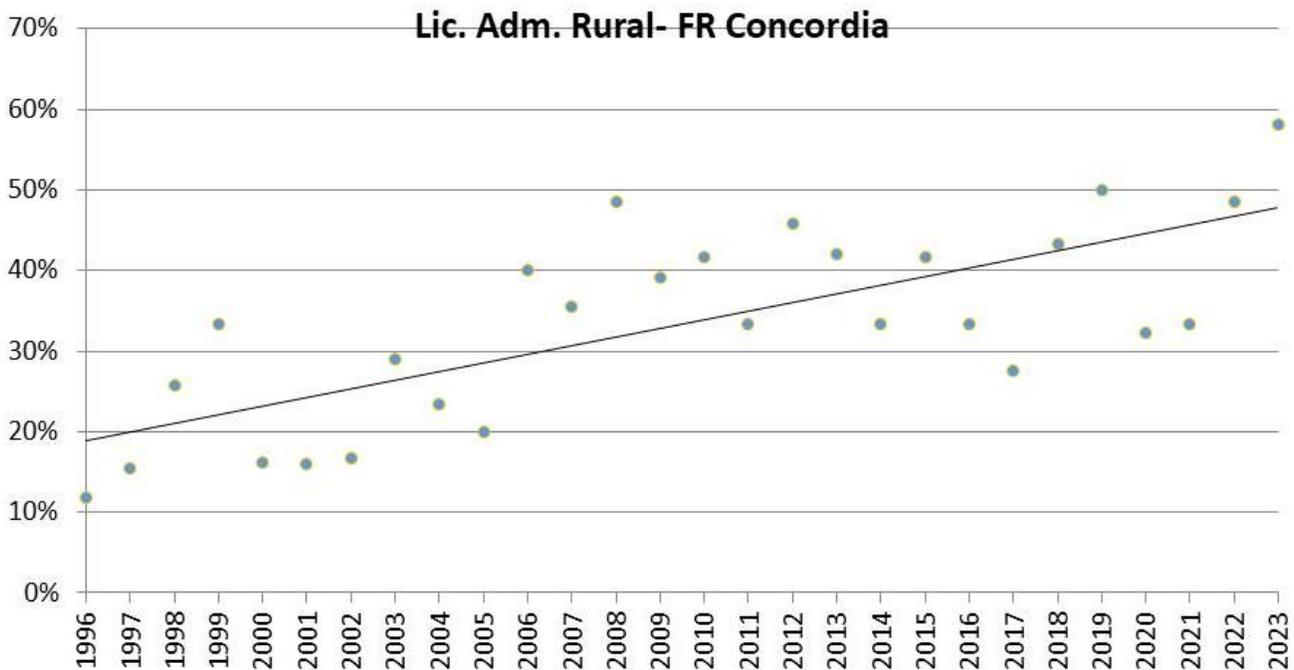


Figura 2. Proporción ingresantes femenina

**Traectorias durante la carrera:** sobre la base de estadísticas obtenidas del registro del Departamento Alumnos, se estimaron los grados de: Aprobación directa, Regularización y Libres en los 4 años de cursado (Figura 3). Resulta claro que las asignaturas del primer año y algunas del segundo son las que mayores cantidades de estudiantes libres y menores proporciones de aprobación directa tienen. Aquí podrían interactuar varios factores, se entiende que entre los principales están la adaptación al sistema universitario y el aprendizaje de algunas estrategias. A medida que se desplaza hacia la derecha en el gráfico donde las materias son de los años más avanzados carrera merma significativamente la barra azul (Libres) y crece la verde (Aprobación Directa). Otra observación es que en algunas

materias del área básicas (como álgebra, análisis matemático y estadística) se encuentran mayores dificultades los primeros años pero también en los posteriores, cuestión que aparece reiterada en la consulta a estudiantes, docentes y graduados, confirmándose, y agregándose sugerencias de adaptar las materias básicas a los contenidos de la LAR ya que interpretan que se presentan aún muy enfocadas a las ingenierías.

En las asignaturas de los años más avanzados, cuando los grupos generalmente son más chicos y es esperable que los estudiantes que accedan sean los más adaptados al sistema, si bien la proporción de “libres” es bastante baja, se ven algunas heterogeneidades bastante marcadas en cuanto al porcentaje de aprobaciones directas, lo que estaría indicando diferentes criterios o estrategias por parte de los docentes.

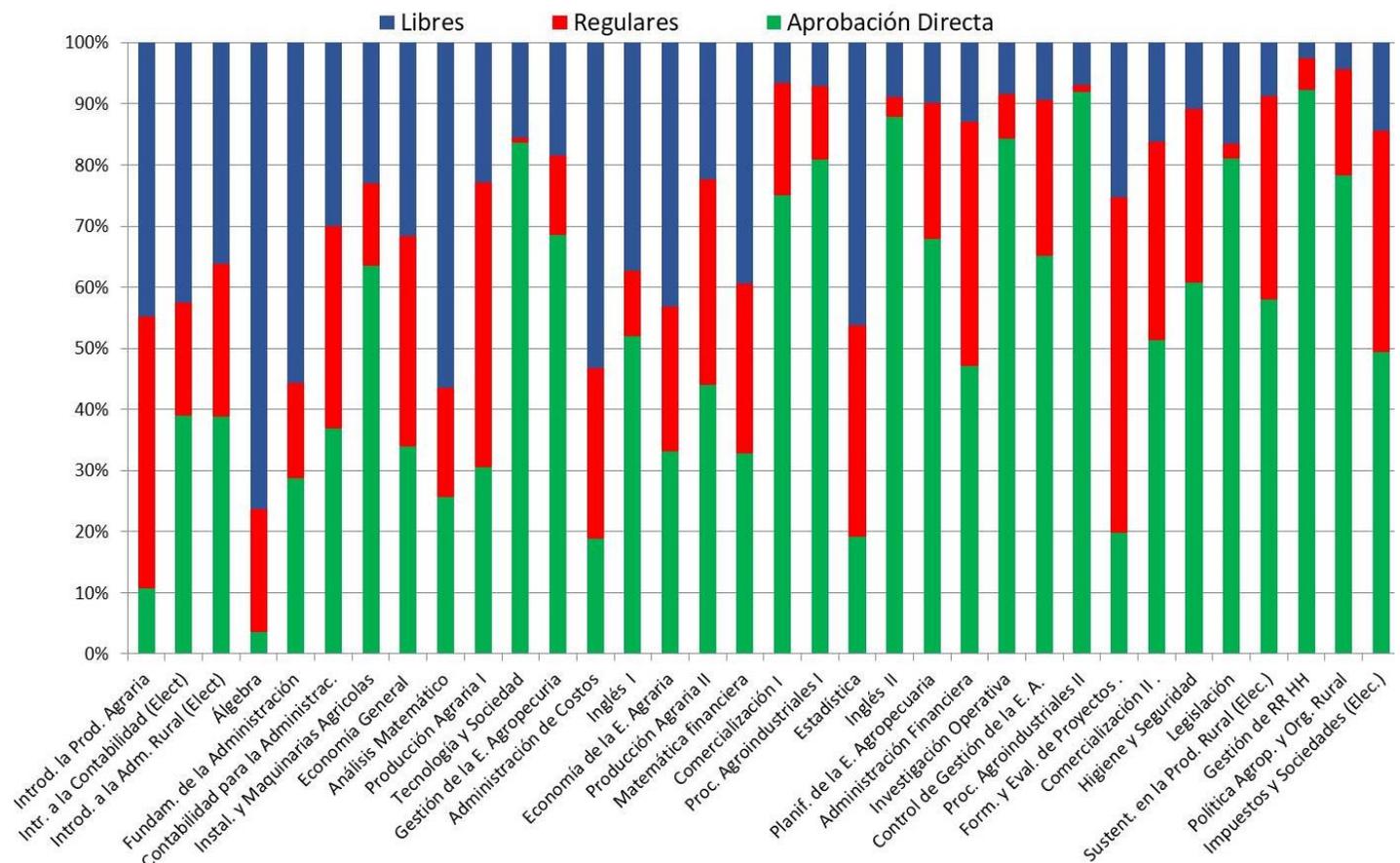


Figura 3. Grado de regularización y aprobación por materia en LAR FRCON 2015-2022

**Transición e inicio:** se preguntó tanto a los estudiantes como a los docentes de las 7 FR que tan difícil percibían la transición de la secundaria a la universidad, los resultados se presentan en las figuras 4 y 5. El 57% de los estudiantes considera que no hay problemas o que las dificultades son fácilmente superables (18% + 49%). Sólo 3% interpretó que es decididamente difícil lo que sumado a «algo Difícil» resulta 33%. Por el lado de los docentes ninguno consideró que la transición es “sin problemas”, 18 % que las dificultades son fácilmente superables, mientras que la suma de “algo difícil” y “decididamente difícil” resulta 82%. Es evidente que los docentes ven notoriamente más dificultosa la transición que los propios estudiantes.

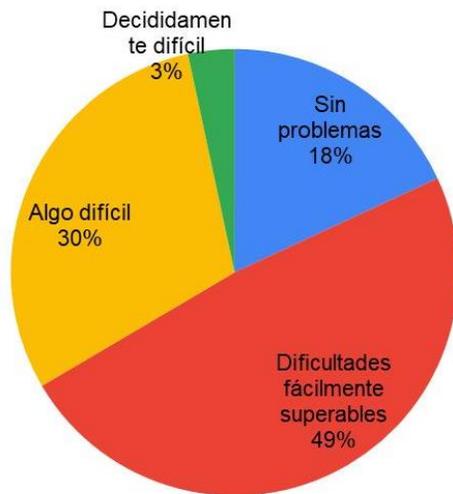


Figura 4. Dificultad de transición secundaria – Universidad Encuesta a 448 estudiantes de 1° y 2° año LAR en 7 FR

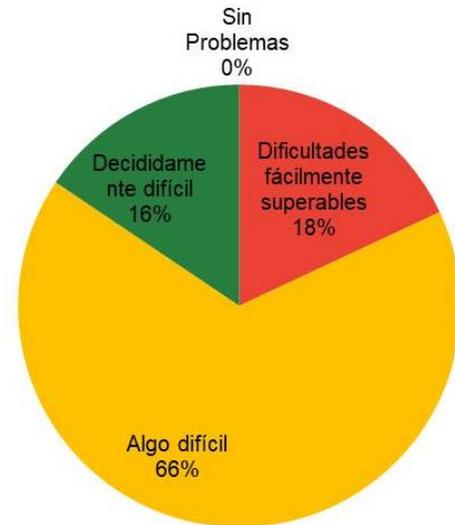


Figura 5. Dificultad en Transición Secundaria – Universidad Encuesta 122 docentes de 1° y 2° año de LAR de 7 FR

Al preguntarse: ¿de qué tipo son las principales dificultades en la transición?, por cuestiones del conocimiento de la situación y la formación no fue posible formular la pregunta con las mismas opciones de respuesta para los dos diferentes grupos de interés no obstante se utilizaron categorías equiparables.

- Los estudiantes consideraron que las principales dificultades, están vinculadas a la preparación previa inadecuada o insuficiente, en segundo término aspectos económicos y exigencias para realizar tareas fuera de los horarios de clases.
- Los docentes coincidieron con los estudiantes en los tres de mayor preponderancia: preparación previa insuficiente (que en este caso se subdividió en 3 rubros y de todos modos presentaron los mayores valores), limitaciones para preparar o estudiar fuera del horario de clases y lo económico.
- Consistentemente con la observación precedente de las figuras 4 y 5 los docentes valoraron mayor grado de dificultad que los estudiantes en todos los rubros.

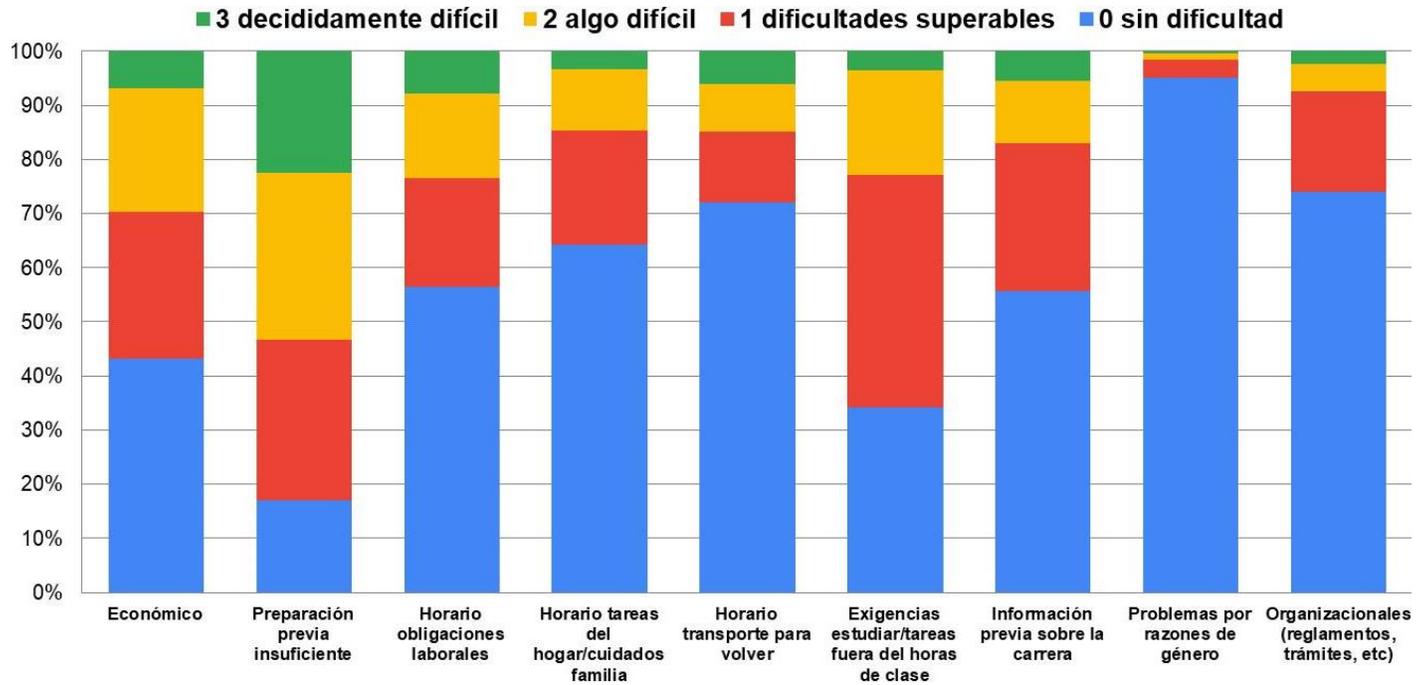


Figura 6. Principiantes dificultades en la transición Secundaria – Universidad valoradas por 448 estudiantes de 1er y 2do año de LAR en 7 FR

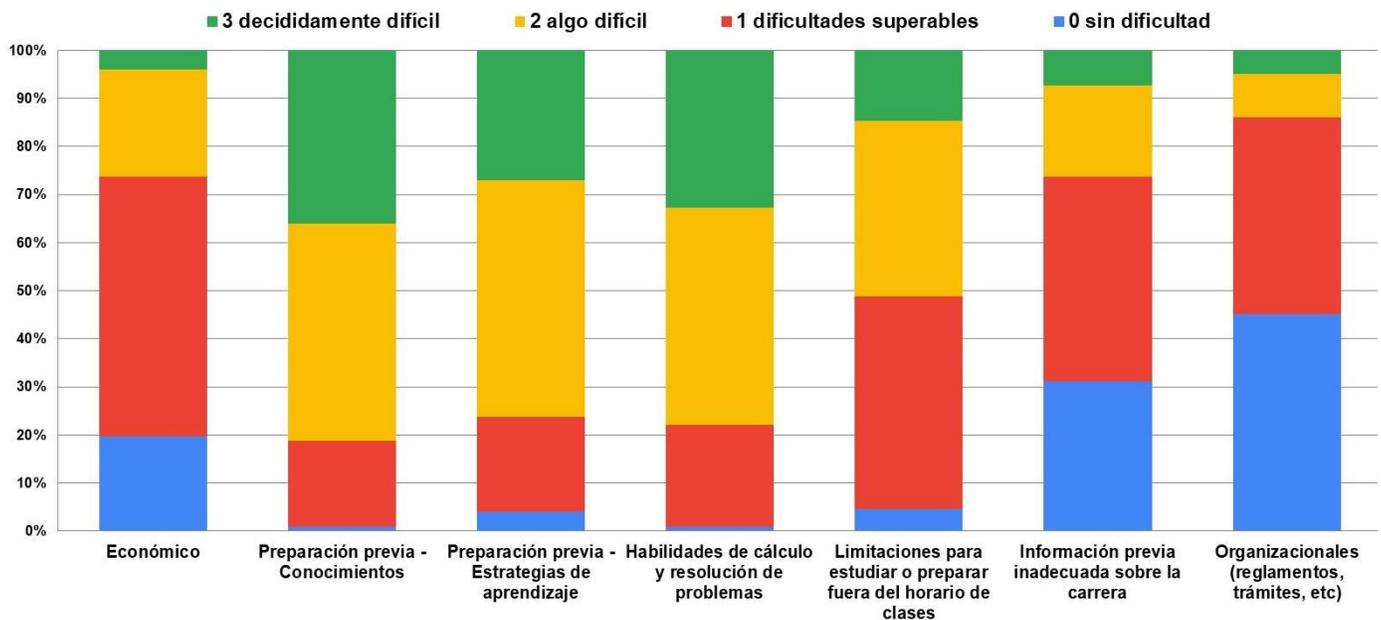


Figura 7. Principiantes dificultades valoradas por los docentes de 1er y 2do año de LAR (122 respuestas de 7 FR)

En otra pregunta se consultó sobre las principales causas de abandono en el ingreso y primer año.

- Tanto estudiantes como docentes consideraron a “falta de hábitos” y “saber estudiar” entre las principales,

- Los estudiantes le dieron mayor ponderación a “no se puede mantener el ritmo por cuestiones laborales” que obtuvo el mayor valor que los docentes no la percibieron tan importante y quedó quinta en su consideración.
- Otro contraste se dio en “elección inadecuada de la carrera” que para los estudiantes fue notoriamente más relevante que para los docentes.
- Una diferencia llamativa pero coherente con otras opiniones fue que “demasiado difícil, hay carreras más cortas o a distancia que valen la pena” para los estudiantes tuvo la valoración mínima mientras que para los docentes fue considerablemente más importante. Debe contextualizarse esta última observación al contexto de los estudiantes consultados (que ya están cursando la carrera y al menos casi finalizando el primer cuatrimestre).

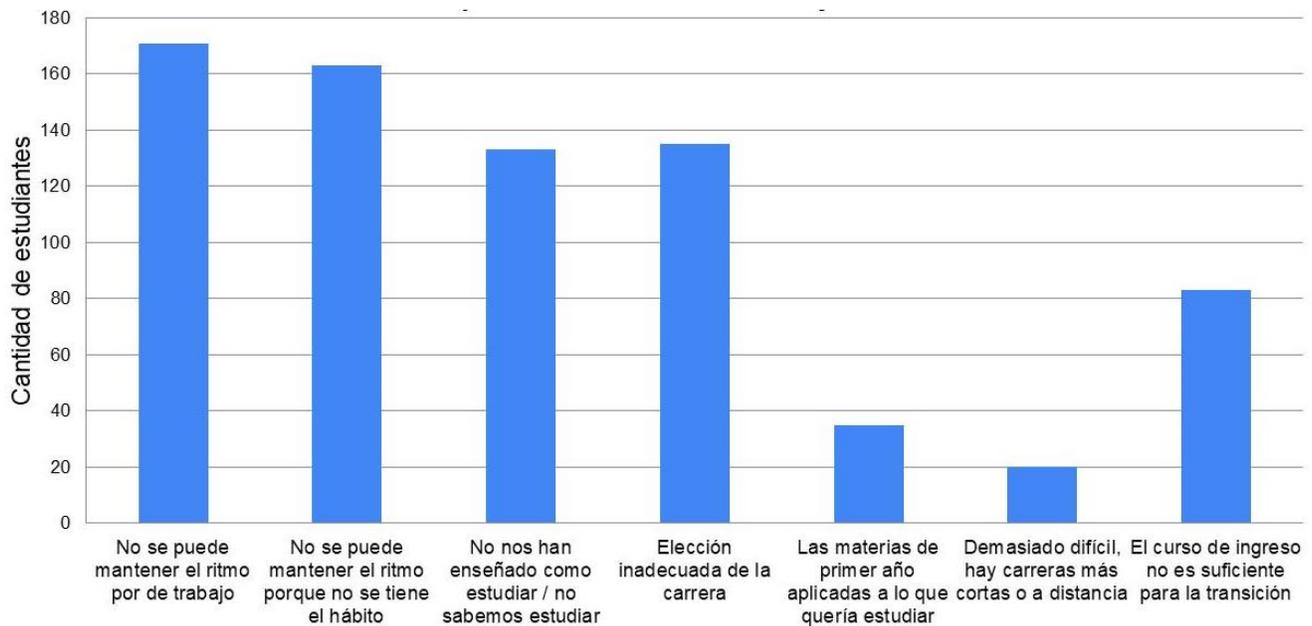


Figura 8. Causas de abandono o problemas en ingreso y primer año, valoradas por 448 estudiantes de 1° y 2° año de LAR en 7 F.R.

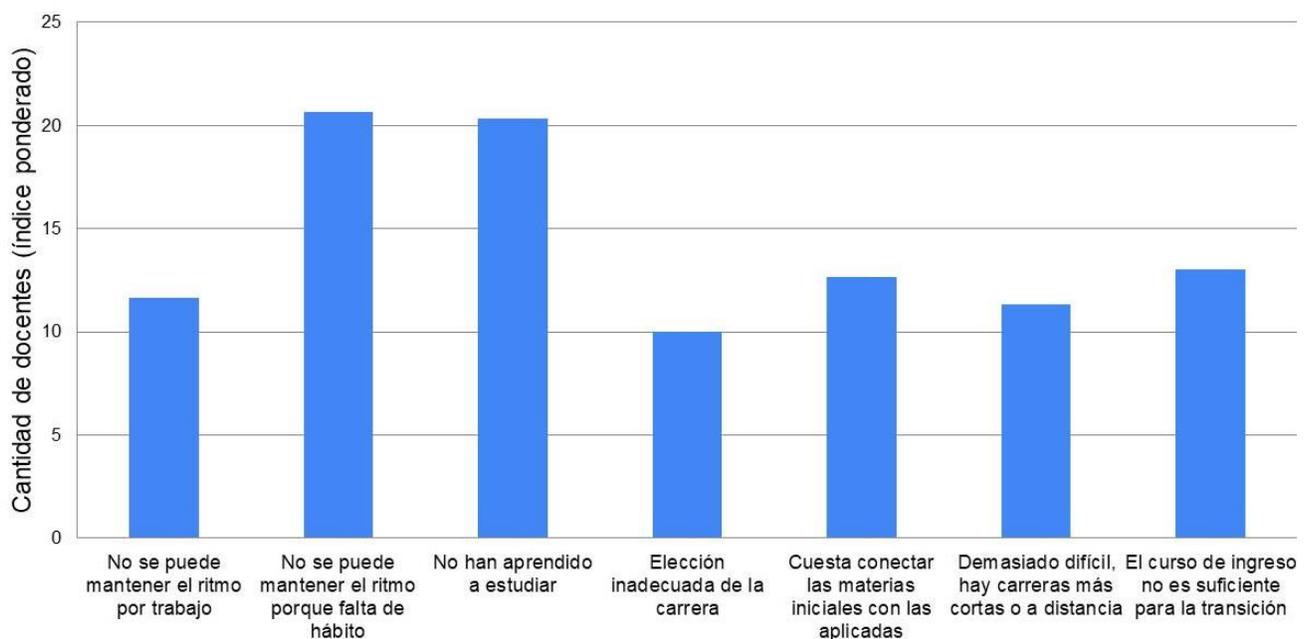


Figura 9. Causas de abandono o problemas en ingreso y primer año, valoradas por 29 docentes de 1° y 2° año de LAR de FR Concordia

Se preguntó a los estudiantes sobre sus situaciones laborales, resultando un alto grado de ocupación (figura 10), lo que es consistente con la priorización de la causa de abandono “no se puede mantener el ritmo por cuestiones de trabajo”, probablemente los docentes no conozcan que la proporción de estudiantes con obligaciones laborales es tan alta.

- El 63% de los estudiantes de primero y segundo año tiene alguna ocupación laboral
- Cerca de la mitad de los que trabajan lo hacen en relación de dependencia
- 18% participa en alguna actividad familiar
- 15% tiene algún emprendimiento o hace "changas"

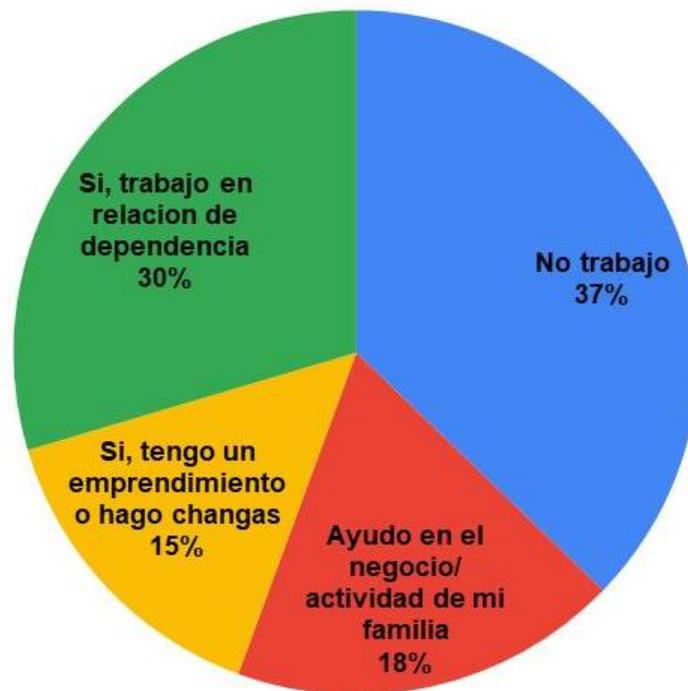


Figura 10. Ocupación Laboral de 446 estudiantes de primero y segundo año LAR en 7 F.R.

Se preguntó a los estudiantes sobre el máximo nivel educativo alcanzado por sus madres y padres, resultando la figura 11, que muestra en términos generales una gran movilidad ascendente entre generaciones respecto al educativo formal, resaltando el rol de nuestra Universidad y las LAR.

- Una pequeña proporción (inferior al 5%) no supo o no respondió.
- Sólo el 17% de las madres y el 10% de los padres tienen estudios terciarios o universitarios completos.
- La categoría que alcanzó mayor proporción fue “secundario completo” como máximo nivel educativo. Sin embargo más del 55% de los padres y cerca del 40% de las madres no completó el secundario.
- Sólo alrededor del 30 % de estudiantes tienen algún padre o madre que accedió al nivel terciario o universitario aunque no lo haya completado.

- Más de dos tercios de los estudiantes están superando el nivel educativo formal de sus padres solo por cursar la Facultad.

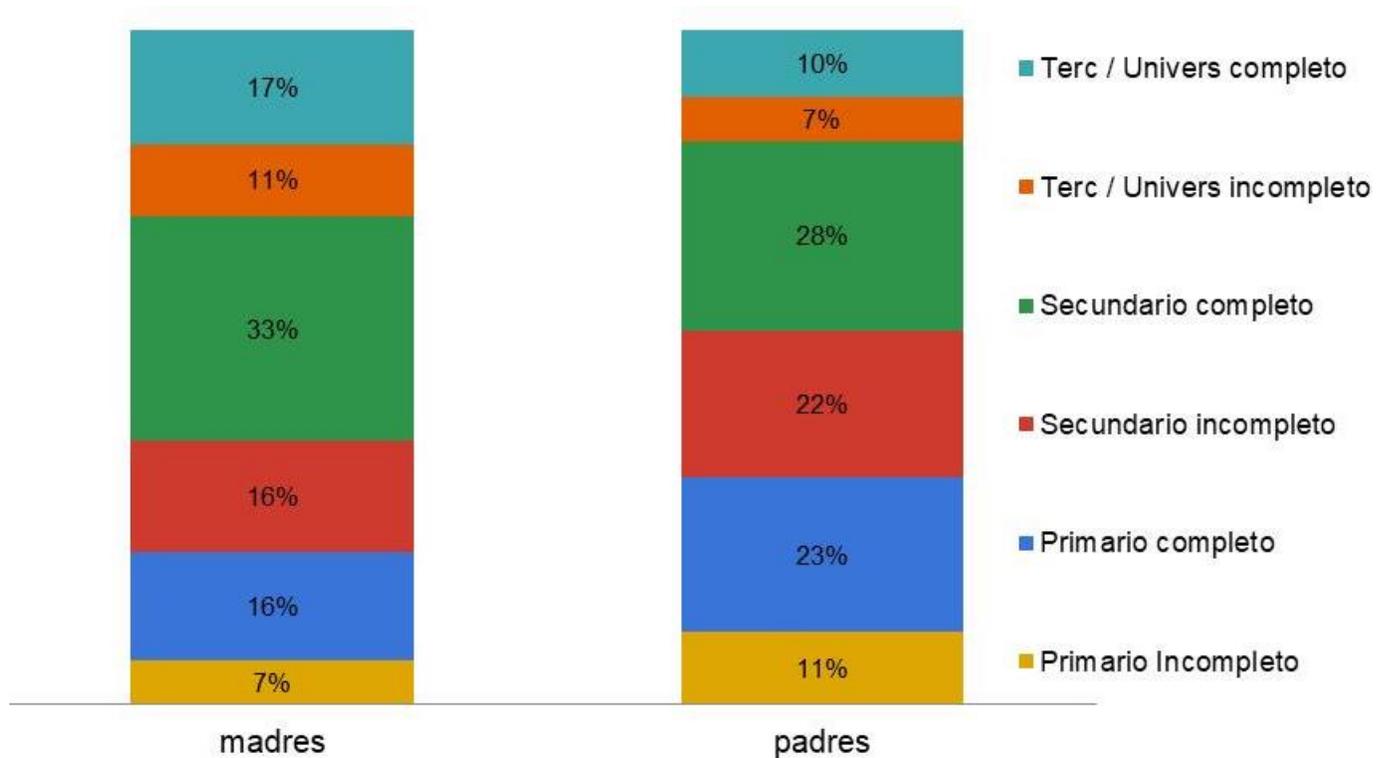


Figura 11. Máximo nivel educativo alcanzado por las madres y los padres de 430 estudiantes de 1° y 2° año de LAR en 7 F.R.

**Inserción laboral:** se informan los avances en la FR Concordia en la que ya se completó todo el relevamiento, en las otras FR hay diferentes grados de avance. En la primera etapa denominada “datos de terceros” -aunque algunos eran obtenidos directamente y otros a partir de los entrevistados directo o de docentes que conocían la situación laboral de los egresados- se llegó a lograr información del tipo de ocupación laboral del 94% de Licenciados y Técnicos. En la segunda etapa en la que se realizó una encuesta directa a partir de los datos de la primera, se obtuvieron respuestas del 63 % del total de Técnicos y Licenciados en Administración Rural. Una gran parte tiene más de una ocupación laboral, en ese caso se solicitó responder proporcionalmente al tiempo ocupado. La encuesta abarcó numerosos aspectos, se resumen en esta publicación algunos de ellos.

- Más del 90% de los egresados tiene una ocupación de tiempo completo y el 8% de tiempo parcial, una proporción muy reducida (sólo 1 técnico y 1 licenciada no están trabajando aunque no se consultó sobre la voluntad o intención de hacerlo).
- Del total de ocupados un 66% lo está en relación de dependencia, un 21 % trabaja en forma independiente más un 11 % se consideran emprendedores (que se sumarían a la característica de independientes). Las mujeres tienen mayor proporción en relación de dependencia (83%) que los varones (58%). Menos del 2% dijo tener una relación laboral informal, una proporción llamativamente baja para el contexto. (Figura 12).
- Respecto a la jerarquía del puesto laboral (figura 13) Un 57 % del total trabaja en supervisión o con responsabilidad media. Un 30% trabajan en gerencia / subgerencia o jefatura de área (la gran mayoría alcanzó el título de Licenciatura). Hay una tendencia a que las mujeres alcancen menor jerarquía que los varones.

- Analizando por sectores (figura 14), la mayor ocupación es en comercio. Por sectores productivos Ganadería, Forestal, Agricultura y Citrus son los más importantes. El ítem "otros" es muy numeroso ya que agrupa docentes y quienes trabajan en administración pero de varios rubros inclusive no agropecuarios.
- Respecto al tipo y tamaño de empresa en las que trabajan (figura 15), los mayores dadores de trabajos son las PyME que sumadas a las Microempresas emplean al 47 %, en el sector público trabaja el 29 %. Observados por título, la licenciatura tiene mayor inserción en el sector público y mirando la cuestión del sexo, las mujeres tienen una tendencia a mayor inserción en el sector público.

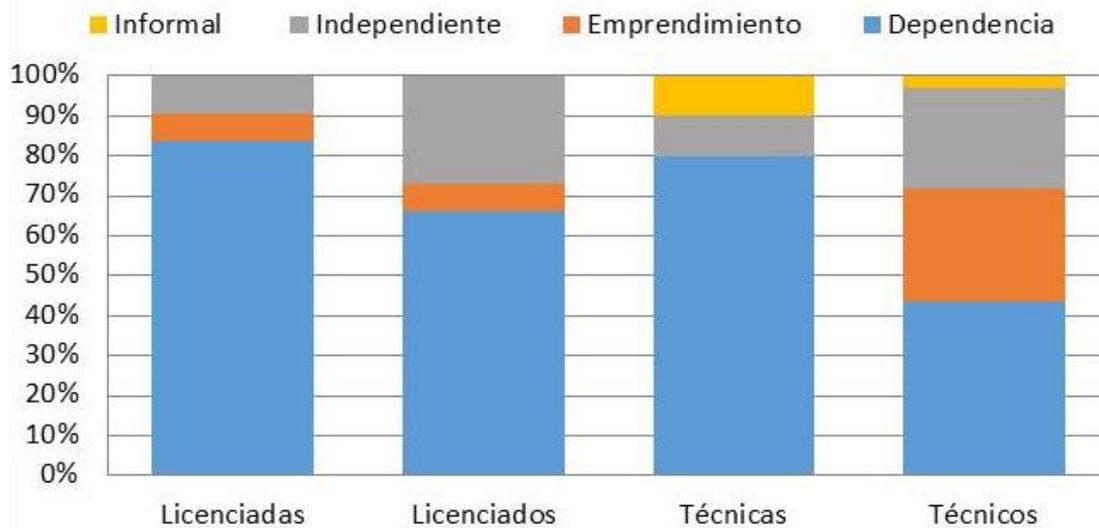


Figura 12. Tipo de relación laboral según título y sexo de egresados de la FR Concordia

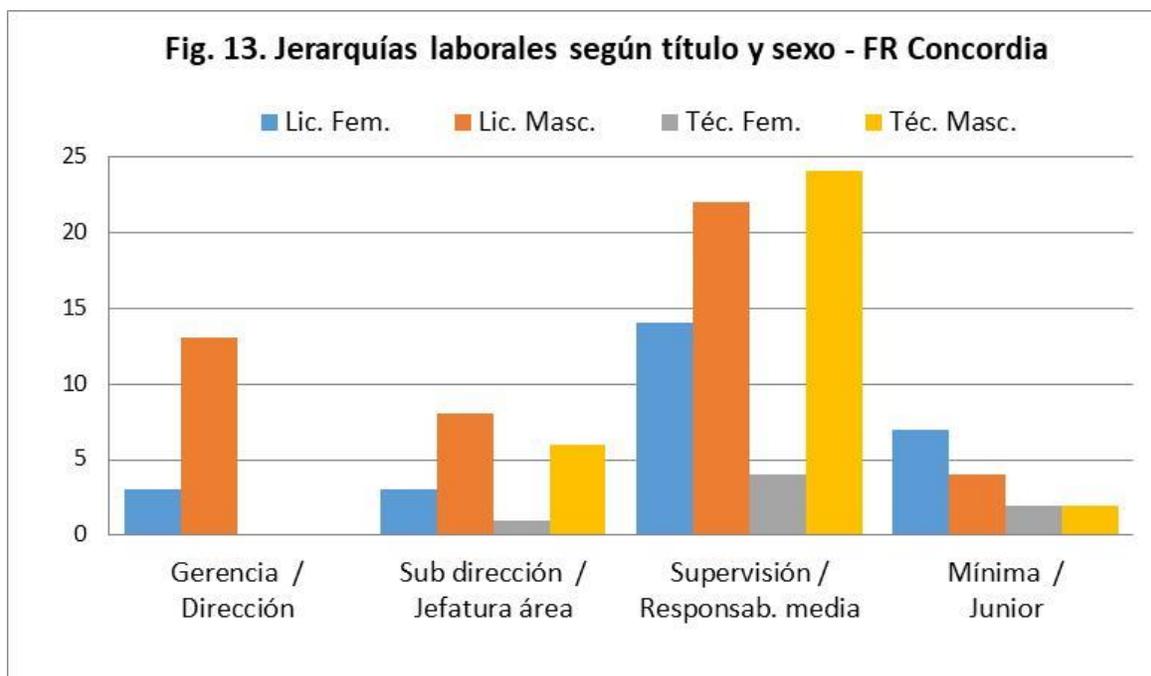


Figura 13. Jerarquías laborales según título y sexo – FR Concordia

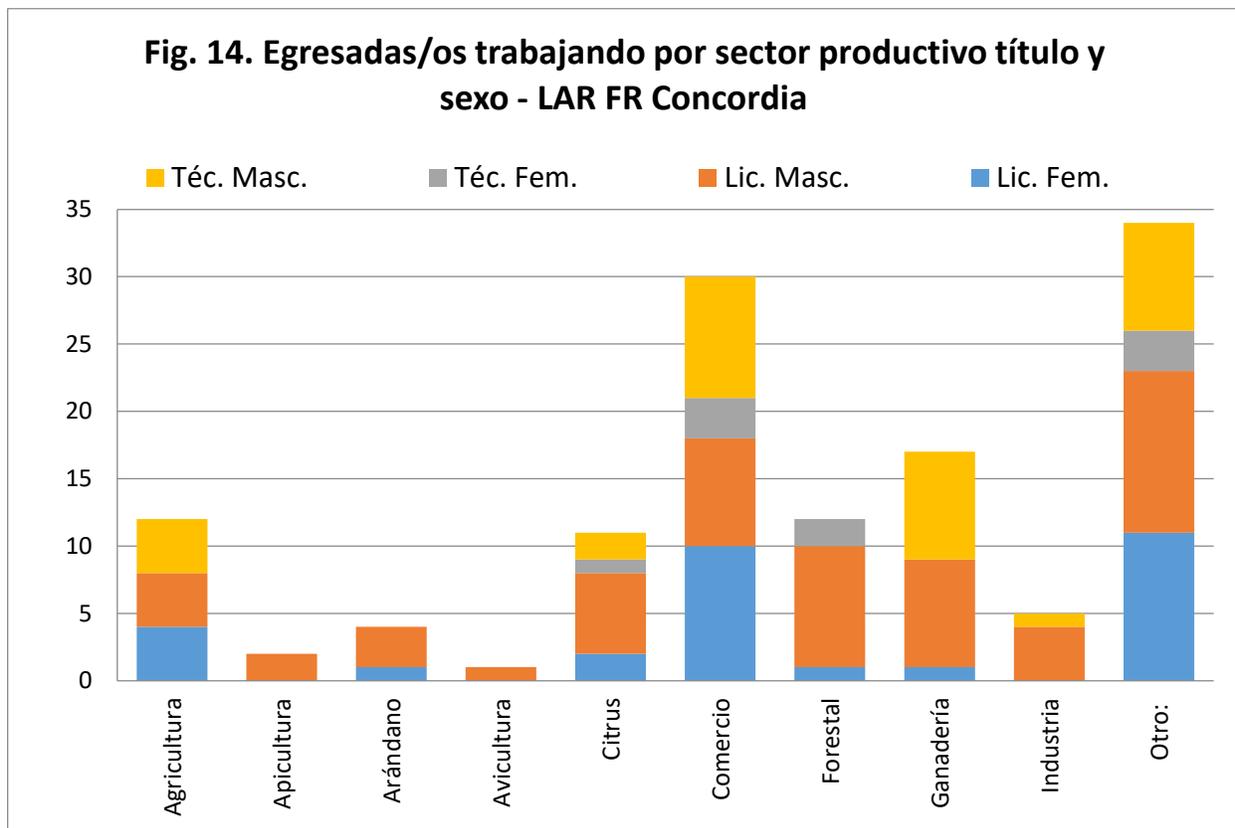


Figura 14. Egresadas/os trabajando por sector productivo título y sexo - LAR FR Concordia

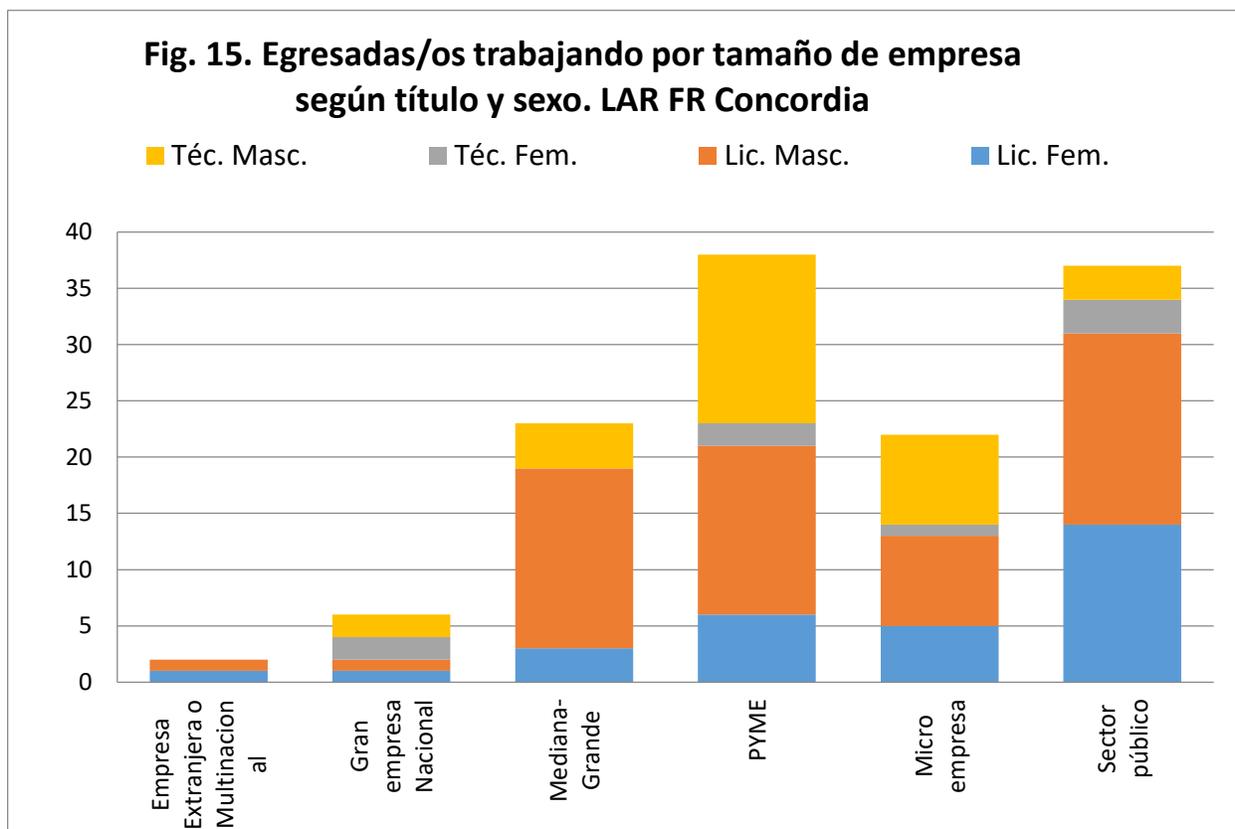


Figura 15. Egresadas/os trabajando por tamaño de empresa según título y sexo. LAR FR Concordia

## Conclusiones

Si bien el proyecto aún no ha finalizado, se cuenta con un buen grado de avance en algunos aspectos en las 7 FR, en otros ha sido más heterogéneo y se informa sobre FR que, al haber iniciado con anterioridad, ha completado prácticamente todos los componentes. A partir de ello se puede concluir que:

- La cantidad de ingresantes fue más variable los primeros años y relativamente estable en los últimos, la proporción de mujeres ingresantes que fue relativamente baja los primeros años ha ido en incremento, tendiendo a nivelar en los últimos años.
- El mayor grado de desgranamiento se da en el primer año y va mermando al avanzar en la carrera, por lo que las primeras materias más algunas del área básicas, son las que mayores cantidades de estudiantes libres tienen. Además de ello se evidencian diferentes criterios o estrategias por parte de los docentes, aún en las asignaturas de los últimos años.
- Al preguntar a estudiantes y docentes sobre qué tan dificultosa es la transición desde la secundaria a la universidad, los segundos la perciben con un grado de dificultad mucho mayor que los propios estudiantes. Pero ambos grupos consideran que las principales dificultades, están vinculadas a la preparación previa inadecuada o insuficiente, aspectos económicos y exigencias para realizar tareas fuera de los horarios de clases.
- Se identificaron como principales causas de abandono en los primeros años la falta de hábitos y “saber estudiar”, los estudiantes consideraron como principal las dificultades para mantener el ritmo por obligaciones laborales, cuestión que los docentes no priorizaron, siendo que cerca de dos tercios de los estudiantes de primer y segundo año trabajan, seguramente que deba ser tenido más en cuenta este aspecto.
- Una altísima proporción (más de dos tercios) de los estudiantes ha superado el nivel educativo de sus padres, sólo con ingresar a la Universidad, este aspecto resulta de gran relevancia y muchas veces es soslayado por algunos indicadores, entendiendo que las personas se enriquecen no sólo por obtener el título, sino también en su trayectoria aunque no lo logren.
- Tanto técnicos como licenciados tienen una muy buena inserción laboral, casi la totalidad está trabajando, más del 90% con una ocupación de tiempo completo. La gran mayoría tiene trabajos formales, solo unos pocos técnicos reconocieron trabajar en la informalidad.
- Respecto a la cuestión del sexo las mujeres tienen mayor proporción de trabajos en relación de dependencia, mayor inserción en el sector público y no alcanzan puestos de tan alta jerarquía como los varones.
- El sector público emplea un gran número de egresadas y egresados de LAR, tanto en docencia como en tareas administrativas y de gestión, incluso algunos han alcanzado puestos de alta jerarquía. En lo que hace al sector privado, la mayor cantidad trabaja en empresas medianas o pequeñas, inclusive es importante la cantidad ocupada en micro empresas, estos aspectos deben ser considerados al planificar la formación.

Habiendo transcurrido 28 años desde el inicio de la Licenciatura en Administración Rural de UTN se han relevado aspectos importantes que demuestran la relevancia de nuestra carrera y nuestra Universidad. El impacto en la formación y la alta inserción laboral, no son datos para soslayar. La identificación de los principales problemas en el inicio de la carrera y de las demandas en la inserción laboral, serán herramientas de gran utilidad, resta aún completar algunas variables en algunas FR, e inclusive el análisis de las preguntas abiertas de las encuestas que pueden resultar muy fructíferas. Sin embargo el mayor desafío es que los decisores y gestores puedan utilizar estos datos que han sido generados de manera metódica y sistemática para tomar medidas que tiendan a mejorar los aspectos problemáticos y consolidar las fortalezas.

## Referencias

- [1] Tinto Vincent (1989) Una reconsideración de las teorías de la deserción estudiantil. En trayectoria escolar en la educación superior. ANUIES-SEP. México
- [2] Viale Tudela H.E. 2014. Una aproximación teórica a la deserción estudiantil universitaria. En: Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria. Dic. 2014 - Año 8 - Nro. 1. LIMA (PERÚ) ISSN: 2223 - 2516
- [3] Fernández de Morgado N.Y. 2009. Retención y persistencia estudiantil. Una revisión de la literatura. SCIELO. Paradigma v.30 n.2 Maracay dic. 2009. Paradigma versión impresa ISSN1011-2251
- [4] Miño D y Larocca F, 2013[4"Diseño curricular y grado de regularización y aprobación según asignaturas y ciclos en la Licenciatura en Administración Rural". En: Jornadas Nacionales de Carreras Afines a la Economía y Administración Agrarias (Facultad de Agronomía UBA. Noviembre de 2013).
- [5] ——. 2015. Congreso de Licenciatura en Administración Rural. Actas de comisiones I y II del Congreso. UTN CONCORDIA, septiembre de 2015.
- [6] Gervasi L, Cettour N, Pereyra Y, Sarbioli A, Cepeda G, Buzzatto D, Lambert A, y Larocca F. 2022. Trayectorias académicas y ocupación de estudiantes y graduados de licenciatura en administración rural. En II Jornadas de doctorandos UTN Concordia. 3 de noviembre de 2022.

# Resultado económico de la cadena de valor citrícola de Entre Ríos. Campañas 2021-2022 y 2022-2023

## Economic result of the citrus value chain of Entre Ríos. Crop years 2021-2022 and 2022-2023

Presentación: 03/10/2023

### **Germán Scattone**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
gscattone71@gmail.com

### **Natalia Tesón**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
natateson@gmail.com

### **Luciano Cabrera Alegre**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
gscattone71@gmail.com

### **Anabela Mover**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
gscattone71@gmail.com

### **Federico Burna**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
fedeburna@gmail.com

### **Damián Berdún**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
berdundamian52@gmail.com

## **Resumen**

En Argentina los cítricos representan el 68% del total de la producción nacional de fruta. La producción citrícola se desarrolla, principalmente, en las regiones del NOA y el NEA a partir de dos modelos productivos bien diferenciados. El NOA se especializa en la producción de limón y, en menor medida, de pomelo. El NEA, por su parte, se especializa en el cultivo de cítricos dulces: naranja y mandarina. En Entre Ríos, las especies producidas son naranjas (54%), mandarinas (42,2%) y limones (1,7%). La citricultura ocupa una superficie de 36.387 ha, el promedio de superficie por productor es de 23,6 ha, mientras que la superficie modal se estima en 16 ha. Es relevante conocer la dinámica de cada una de las campañas y cosechas que se producen anualmente que se extiende desde febrero hasta fin de año. La información sobre precios y costos de producción es necesaria para los distintos actores de la cadena. Uno de los objetivos del PID “Generación y fortalecimiento de la información económica sobre la cadena

citricola de Entre Ríos” es conocer los indicadores económicos de la actividad para lo cual fue necesario el cálculo de los costos de producción y el relevamiento de precios en el transcurso de la campaña. Para la estimación de los costos de producción citrícola se planteó un modelo de quinta sin riego. La elección de superficie y variedades se realizó en base a los resultados del último censo citrícola. Los ingresos se estimaron considerando la producción esperada y el precio promedio obtenido a partir de los relevamientos mensuales para cada variedad. El beneficio anual se determinó como la diferencia entre los ingresos y los costos de producción. También se determinaron el precio y el rendimiento de indiferencia. Los resultados económicos de la campaña 2022-2023 muestran que la valorización de la producción fue muy importante y que permitió alcanzar indicadores económicos positivos pese al aumento de costos. Si bien aún no ha finalizado la cosecha de la presente campaña los indicadores analizados son promisorios.

**Palabras clave:** citrus, cadena de valor, información económica

### Abstract

In Argentina, citrus fruits represent 68% of the total national fruit production. Citrus production takes place mainly in the NOA and NEA regions. The NOA specializes in the production of lemon and, to a lesser extent, grapefruit. The NEA, for its part, specializes in the cultivation of sweet citrus fruits: oranges and tangerines. In Entre Ríos the species produced are oranges (54%), mandarins (42.2%) and lemons (1.7%). Citriculture occupies an area of 36,387 hectares, the average area per producer is 23.6 hectares, while the modal area is estimated at 16 hectares. It is relevant to know the dynamics of each of the campaigns and harvests that occur annually and that extend from February to the end of the year. Information on prices and production costs is necessary for the different actors and is currently not available. One of the objectives of the PID “Generation and strengthening of economic information of the citrus value chain of Entre Ríos” is to know the economic indicators of the activity for which it was necessary to calculate production costs and survey prices throughout the year. To estimate the costs of citrus production, a farm model without irrigation was proposed. The choice of surface area and varieties was made based on the results of the last citrus census. Income was estimated considering the expected production and the average price obtained from monthly surveys for each variety. Annual profit was determined as the difference between income and production costs. The yield and indifference price were also determined. The economic results of the crop year 2022-2023 show that the valorization of production was very important and that it allowed positive economic indicators to be achieved despite the increase in costs. Although the citrus harvest has not yet finished, the indicators analyzed are promising.

**Keywords:** citrus fruits, citrus value chain, economic information

## Introducción

En Argentina los cítricos representan el 68% del total de la producción nacional de fruta (Federcitrus, 2022). La producción citrícola se desarrolla, principalmente, en las regiones del NOA y el NEA a partir de dos modelos productivos diferenciados. El NOA se especializa en la producción de limón (principal cítrico producido en el país) y, en menor medida, de pomelo. El NEA, por su parte, se especializa en el cultivo de cítricos dulces: naranja y mandarina. La región abarca fundamentalmente las provincias mesopotámicas de Entre Ríos, Corrientes y Misiones

que conjuntamente producen el 69 % del total nacional de naranja y 91% de mandarina (Federcitrus, 2022; Bevilacqua y Storti, 2016).

La etapa primaria comienza con la producción de la planta en viveros para la posterior implantación del monte frutal. Involucra un conjunto de labores culturales, entre las que se encuentran la fertilización y aplicación de fitosanitarios, la poda, el raleo y culmina con la cosecha de los frutos. La producción de fruta puede destinarse, alternativamente, al consumo en fresco o a la obtención de productos industrializados. En el primer caso, la fruta sigue la cadena de fruta en fresco (conservación-empaque-comercialización) hasta alcanzar los mercados de distribución (mayoristas o minoristas), en tanto el paso por la industria implica el procesamiento industrial de la fruta, para su posterior comercialización (Bevilacqua y Storti, 2016).

La cosecha se realiza en forma manual con elevados requerimientos temporales de mano de obra. Comienza en el mes de marzo, con las primeras variedades de mandarina (ej. Okitsu) y culmina durante el mes de diciembre, con las variedades tardías de naranja (ej. Valencia). Las principales variedades más producidas en la provincia son: Murcott, Okitsu, Ellendale, Común en mandarina y, Valencia Late, Valencia Seedless, Washington Navel y Salustiana en naranja.

En Entre Ríos, las especies producidas son naranjas (54%), mandarinas (42,2%) y limones (1,7%). La provincia produce el 36 % de las naranjas y el 44% de las mandarinas del total producido por el país. (Federcitrus, 2022). La citricultura ocupa una superficie de 36.387 ha, el promedio de superficie por productor es de 23,6 ha, mientras que la superficie modal se estima en 15/16 ha, la diferencia en los indicadores da cuenta de la alta concentración de productores en los extractos de menor tamaño. El número de quintas es de 2.362. El 61% tiene menos de 15 has y el 93% tienen menos de 50 ha (Censo citrícola, 2016).

El objeto de la producción de los cítricos dulces es la fruta en fresco y el principal destino es el mercado doméstico (58 % en 2018), luego de considerar el descarte y las pérdidas pre y pos cosecha. Aunque la exportación no superó el 10% del volumen de fruta producido en 2018, la demanda externa es relevante en tanto permite evitar la sobreoferta del mercado local y la consecuente reducción en los precios, al mismo tiempo que se presenta como un mercado importante para algunas variedades. El 25% restante tuvo como destino la industria. En los últimos años, la participación de cada uno de los destinos se ha mantenido prácticamente estable (Bevilacqua, 2016; Federcitrus, 2018).

En Entre Ríos de acuerdo al Censo 2016, hay 1878 productores primarios citrícolas de los cuales 1634 se encuentran en el Dpto. Federación, 241 en el Dpto. Concordia y 3 en el Dpto. Colón. En su mayoría los productores primarios comercializan su producción en el campo.

Es relevante conocer la dinámica de cada una de las campañas y cosechas que se producen anualmente que se extiende desde febrero hasta fin de año. La información respecto a las variables de precios y costos de producción es necesaria para los distintos actores de la cadena. Uno de los objetivos del PID “” es conocer los indicadores económicos de la actividad para lo cual fue necesario el cálculo de los costos de producción y el relevamiento de precios en el transcurso de la campaña.

La citricultura como cualquier actividad económica requiere de la utilización de los factores de la producción, estos son integrados durante el proceso productivo para generar el producto final. Elaborar modelos de producción representativos requiere conocer el desarrollo de la actividad y sus características.

En la presente publicación se presentan resultados parciales del proyecto de investigación detallando costos de producción y resultados económicos de la citricultura local para las diferentes especies y variedades. Se presentan

indicadores económicos de la producción primaria, que describen el comportamiento en el actual contexto de la actividad.

## Desarrollo

### **Materiales y métodos. Costos de producción y resultado económico.**

Para la estimación de los costos de producción cítrica se planteó un modelo de quinta sin riego. La elección de superficie y variedades se realizó en base a los resultados del Censo Cítrico 2015-2016 buscando que el modelo sea representativo de la producción local. La superficie de la quinta se determinó en 16 ha, dado que es la superficie modal de los departamentos de Federación y Concordia. Al incluir caminos, cortinas rompevientos, playa de cosecha, galpón y casa la superficie total de la quinta ascendió a 20 ha. En cuanto a las variedades, se consideraron las de mayor superficie de ambos departamentos, para naranjas se considera: Valencia late (7 ha), Washington Navel (1 ha) y Salustiana (1 ha), mientras que para mandarinas: Murcott (3 ha), Satsuma (2 ha) y Criolla o Común (2 ha). El marco de plantación es de 6 m x 4 m, que da como resultado una densidad de 417 plantas por hectárea. La cortina de eucaliptos tiene una distancia de plantación de 3 metros, ocupando un total de 1 ha.

En base a consultas a referentes calificados se elaboró el manejo de las distintas variedades y el equipamiento e insumos necesarios. En cuanto a la mano de obra se considera que el dueño de la explotación es quien lleva adelante las tareas de administración y mantenimiento del establecimiento, tales como aplicación de agroquímicos, fertilizantes, desmalezado mecánico y demás tareas culturales. Se contrata personal adicional para las tareas de poda y raleo. Para la poda de las variedades de naranja y mandarina Murcott se consideró una frecuencia de tres años, para la mandarina Satsuma la frecuencia fue cada dos años, mientras que para la mandarina criolla la frecuencia fue anual. El costo anual de poda se calculó en función del costo y la frecuencia. El raleo se consideró que se realiza todos los años en las tres variedades de mandarina.

Para la determinación del costo de producción anual se consideraron separadamente las sumas que se deben pagar en efectivo (costos efectivos), de los valores de las depreciaciones (costos imputados). Los intereses del capital no fueron considerados. Las amortizaciones se calcularon por el método lineal, dividiendo la diferencia entre el valor de adquisición y el valor residual pasivo por el número de años de vida útil del bien que corresponda. Para el cálculo de la amortización del monte frutal, también se utilizó el método lineal, se consideró el valor de mercado de la plantación adulta, menos el valor residual pasivo estimado en el 25 % dividido la vida útil considerada de 30 años.

Los ingresos se estimaron considerando la producción esperada a partir del manejo planteado y el precio promedio obtenido a partir de los relevamientos mensuales para cada variedad.

El beneficio anual se determinó como la diferencia entre los ingresos y los costos de producción. También se determinaron el precio y el rendimiento de indiferencia.

### **Resultados y discusión**

Los resultados económicos muestran valores positivos para todas las variedades analizadas (Tabla 1). El mayor beneficio económico de las especies analizadas en el modelo lo presenta la mandarina Murcott si bien el precio considerado aún no representa el promedio del año debido a que continúa su cosecha. En segundo lugar, la naranja Valencia late que presenta las mismas condiciones que la mandarina Murcott en cuanto a su cosecha. La naranja Navel analizada pese a su baja productividad presenta valores de beneficio que la sitúan en tercer lugar. El resto de las variedades analizadas, Salustiana, Común y Satsuma, muestran resultados similares.

La variedad de mandarina Común o criolla presenta el mayor costo de producción entre las analizadas, dado su necesidad anual de poda que incrementa sus costos de producción de manera considerable.

Las variedades tempranas y tardías (Satsuma, Murcott y Valencia), presentan los mayores costos sanitarios, debido al control de moscas de la fruta.

Tabla 1: Costos de producción cítrica e indicadores económicos de la campaña 2022 – 2023.



**Costos de producción cítrica para el noreste entrerriano Zafra 2022-2023**



Suma de Costo/Ingreso x Ha.				Especie		Variedad					
E/I	Efectivo Imp	Clasificación de Tipo de Costo	Subgrupo	Mandarina Común	Murcott	Satsuma	Naranja Salustiana	Valencia	W navel		
Egreso	Efectivo	Administración	Combustible Camioneta	\$ 23.562	\$ 23.562	\$ 23.562	\$ 23.562	\$ 23.562	\$ 23.562		
			Internet (10mg)	\$ 2.297	\$ 2.297	\$ 2.297	\$ 2.297	\$ 2.297	\$ 2.297		
			Seguro Camioneta	\$ 10.125	\$ 10.125	\$ 10.125	\$ 10.125	\$ 10.125	\$ 10.125		
			Telefonía Celular	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500	\$ 4.500		
		<b>Total Administración</b>				<b>\$ 40.484</b>	<b>\$ 40.484</b>				
		Agroquímicos Y Fertilizantes	Aplicación Fertilizante	\$ 13.455	\$ 13.455	\$ 13.455	\$ 13.455	\$ 13.455	\$ 13.455	\$ 13.455	
			Aplicación Fungicida	\$ 35.293	\$ 35.293	\$ 35.293	\$ 35.293	\$ 35.293	\$ 35.293	\$ 35.293	
			Aplicación Herbicida	\$ 21.286	\$ 21.286	\$ 21.286	\$ 21.286	\$ 21.286	\$ 21.286	\$ 21.286	
			Desmaleado Mecánico	\$ 7.839	\$ 7.839	\$ 7.839	\$ 7.839	\$ 7.839	\$ 7.839	\$ 7.839	
			Fertilizante	\$ 194.747	\$ 270.755	\$ 230.967	\$ 248.755	\$ 237.452	\$ 236.785		
			Fungicida	\$ 18.809	\$ 30.973	\$ 34.975	\$ 32.532	\$ 32.532	\$ 32.532		
			Herbicida	\$ 27.340	\$ 27.340	\$ 27.340	\$ 27.340	\$ 27.340	\$ 27.340		
			Insecticida	\$ 16.631	\$ 16.631	\$ 16.631	\$ 16.631	\$ 16.631	\$ 16.631		
			Insecticida/cebo	\$ 110.241	\$ 110.241	\$ 110.241	\$ 110.241	\$ 110.241	\$ 110.241		
			<b>Total Agroquímicos Y Fertilizantes</b>				<b>\$ 301.122</b>	<b>\$ 533.812</b>	<b>\$ 472.572</b>	<b>\$ 377.675</b>	<b>\$ 476.614</b>
		General	Asesoramiento Contable	\$ 26.982	\$ 26.982	\$ 26.982	\$ 26.982	\$ 26.982	\$ 26.982	\$ 26.982	
			Asesoramiento Técnico	\$ 28.654	\$ 28.654	\$ 28.654	\$ 28.654	\$ 28.654	\$ 28.654	\$ 28.654	
			Energía Eléctrica	\$ 22.500	\$ 22.500	\$ 22.500	\$ 22.500	\$ 22.500	\$ 22.500		
			Impuesto AFIP	\$ 38.038	\$ 38.038	\$ 38.038	\$ 38.038	\$ 38.038	\$ 38.038		
			Impuesto Inmobiliario	\$ 540	\$ 540	\$ 540	\$ 540	\$ 540	\$ 540		
Mantenimiento General	\$ 8.413		\$ 8.413	\$ 8.413	\$ 8.413	\$ 8.413	\$ 8.413				
<b>Total General</b>				<b>\$ 125.127</b>							
Mano de Obra General	Jornales Tractorista	\$ 224.812	\$ 224.812	\$ 224.812	\$ 224.812	\$ 224.812	\$ 224.812	\$ 224.812			
<b>Total Mano de Obra General</b>				<b>\$ 224.812</b>							
Mano de Obra Poda	Poda Manual	\$ 678.668	\$ 188.519	\$ 226.223	\$ 188.519	\$ 226.223	\$ 188.519				
<b>Total Mano de Obra Poda</b>				<b>\$ 678.668</b>	<b>\$ 188.519</b>	<b>\$ 226.223</b>	<b>\$ 188.519</b>	<b>\$ 226.223</b>	<b>\$ 188.519</b>		
Mano de Obra Raleo	Raleo Manual de Fruta	\$ 399.216	\$ 339.334	\$ 339.334	\$ 399.216	\$ 339.334	\$ 339.334				
<b>Total Mano de Obra Raleo</b>				<b>\$ 399.216</b>	<b>\$ 339.334</b>	<b>\$ 339.334</b>	<b>\$ 399.216</b>	<b>\$ 339.334</b>	<b>\$ 339.334</b>		
<b>Total Efectivo</b>				<b>\$ 1.769.429</b>	<b>\$ 1.452.088</b>	<b>\$ 1.428.552</b>	<b>\$ 956.617</b>	<b>\$ 1.093.259</b>	<b>\$ 944.648</b>		
Imputados	Amortización	Acoplado	Alambrado perimetral	\$ 5.431	\$ 5.431	\$ 5.431	\$ 5.431	\$ 5.431	\$ 5.431		
			Aplicadora de abono	\$ 26.305	\$ 26.305	\$ 26.305	\$ 26.305	\$ 26.305	\$ 26.305		
			Barra Herbicida	\$ 1.240	\$ 1.240	\$ 1.240	\$ 1.240	\$ 1.240	\$ 1.240		
			Camioneta	\$ 47.500	\$ 47.500	\$ 47.500	\$ 47.500	\$ 47.500	\$ 47.500		
			Casa Encargado	\$ 28.535	\$ 28.535	\$ 28.535	\$ 28.535	\$ 28.535	\$ 28.535		
			Cortina Eucalipto	\$ 110	\$ 110	\$ 110	\$ 110	\$ 110	\$ 110		
			Desmalezadora	\$ 6.750	\$ 6.750	\$ 6.750	\$ 6.750	\$ 6.750	\$ 6.750		
			Fertilizadora	\$ 3.656	\$ 3.656	\$ 3.656	\$ 3.656	\$ 3.656	\$ 3.656		
			Galpon	\$ 14.624	\$ 14.624	\$ 14.624	\$ 14.624	\$ 14.624	\$ 14.624		
			Gastos Administrativos	\$ 2.700	\$ 2.700	\$ 2.700	\$ 2.700	\$ 2.700	\$ 2.700		
			Herramientas Varias	\$ 1.562	\$ 1.562	\$ 1.562	\$ 1.562	\$ 1.562	\$ 1.562		
			Mochila 20l	\$ 375	\$ 375	\$ 375	\$ 375	\$ 375	\$ 375		
			Pala Cargadora	\$ 4.020	\$ 4.020	\$ 4.020	\$ 4.020	\$ 4.020	\$ 4.020		
			Plantación cítrica	\$ 64.307	\$ 64.307	\$ 64.307	\$ 64.307	\$ 64.307	\$ 64.307		
			Pozo	\$ 1.551	\$ 1.551	\$ 1.551	\$ 1.551	\$ 1.551	\$ 1.551		
			Pulverizadora	\$ 46.301	\$ 46.301	\$ 46.301	\$ 46.301	\$ 46.301	\$ 46.301		
			Saca ramas	\$ 1.724	\$ 1.724	\$ 1.724	\$ 1.724	\$ 1.724	\$ 1.724		
			Tanque plástico con carro	\$ 3.125	\$ 3.125	\$ 3.125	\$ 3.125	\$ 3.125	\$ 3.125		
			Tractor	\$ 183.303	\$ 183.303	\$ 183.303	\$ 183.303	\$ 183.303	\$ 183.303		
			Tranquera	\$ 264	\$ 264	\$ 264	\$ 264	\$ 264	\$ 264		
<b>Total Amortización</b>				<b>\$ 452.694</b>							
<b>Total Imputados</b>				<b>\$ 452.694</b>							
<b>Total Egreso</b>				<b>\$ 2.222.123</b>	<b>\$ 1.904.782</b>	<b>\$ 1.881.246</b>	<b>\$ 1.409.311</b>	<b>\$ 1.545.953</b>	<b>\$ 1.397.342</b>		
Ingreso	Efectivo	Ingresos por Venta	Ingresos por Venta	-\$ 3.785.276	-\$ 6.413.126	-\$ 3.213.068	-\$ 2.870.545	-\$ 5.130.977	-\$ 4.264.367		
		<b>Total Ingresos por Venta</b>			<b>-\$ 3.785.276</b>	<b>-\$ 6.413.126</b>	<b>-\$ 3.213.068</b>	<b>-\$ 2.870.545</b>	<b>-\$ 5.130.977</b>	<b>-\$ 4.264.367</b>	
<b>Total Efectivo</b>				<b>-\$ 3.785.276</b>	<b>-\$ 6.413.126</b>	<b>-\$ 3.213.068</b>	<b>-\$ 2.870.545</b>	<b>-\$ 5.130.977</b>	<b>-\$ 4.264.367</b>		
<b>Total Ingreso</b>				<b>-\$ 3.785.276</b>	<b>-\$ 6.413.126</b>	<b>-\$ 3.213.068</b>	<b>-\$ 2.870.545</b>	<b>-\$ 5.130.977</b>	<b>-\$ 4.264.367</b>		
<b>Suma total</b>				<b>-\$ 1.563.153</b>	<b>-\$ 4.508.344</b>	<b>-\$ 1.331.823</b>	<b>-\$ 1.461.233</b>	<b>-\$ 3.585.023</b>	<b>-\$ 2.867.025</b>		
Precio de Indiferencia (\$/Kg)				\$ 88,8	\$ 57,1	\$ 75,2	\$ 48,3	\$ 49,4	\$ 47,9		
Precio de Indiferencia sobre costo efectivo (\$/Kg)				\$ 70,7	\$ 43,5	\$ 57,1	\$ 32,8	\$ 35,0	\$ 32,4		
Precio medio obtenido por el productor en planta (\$/Kg)				\$ 151,3	\$ 192,2	\$ 128,4	\$ 98,3	\$ 164,1	\$ 146,1		
Ingreso/Costo total *100				170%	337%	171%	204%	332%	305%		
Ingreso/Costo efectivo * 100				214%	442%	225%	300%	469%	451%		
Rendimiento de Indiferencia Kg/Ha				14.688	9.908	14.649	14.331	9.423	9.565		

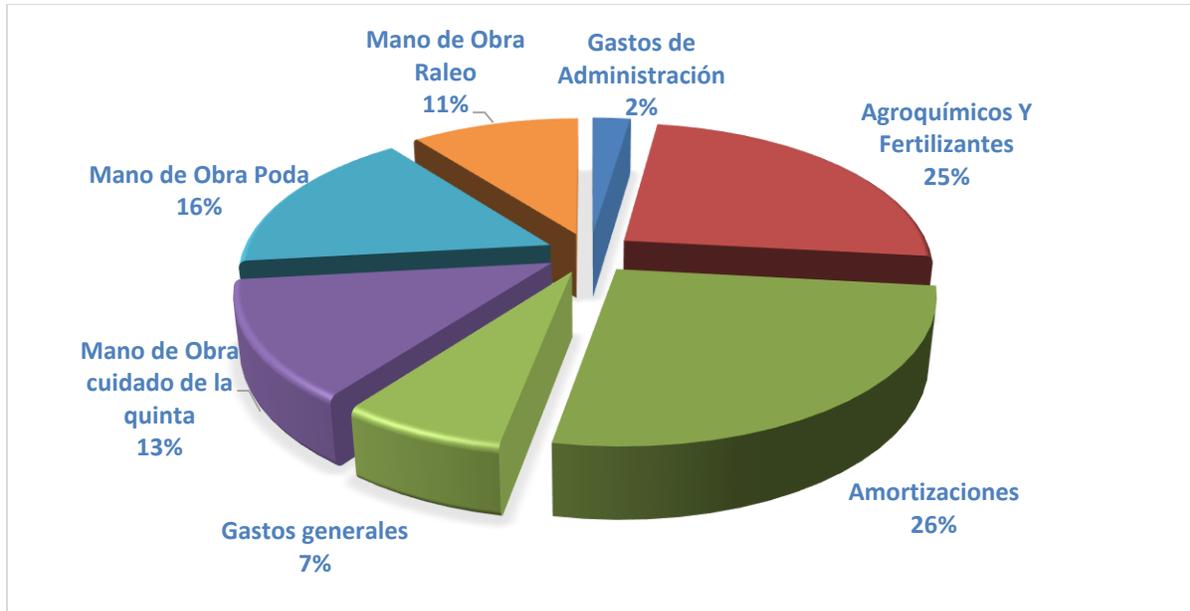


Figura 1: Composición de los costos de producción 2022-2023. Fuente: elaboración propia.

La composición de costos promedio para las variedades analizadas se presenta en el Figura 1. Se observa que las amortizaciones representan la mayor proporción de los costos, secundados por agroquímicos y fertilizantes. La mano de obra de poda es también un componente importante, la que sumada a las tareas generales de mantenimiento de la plantación y el raleo totalizan un 40%.

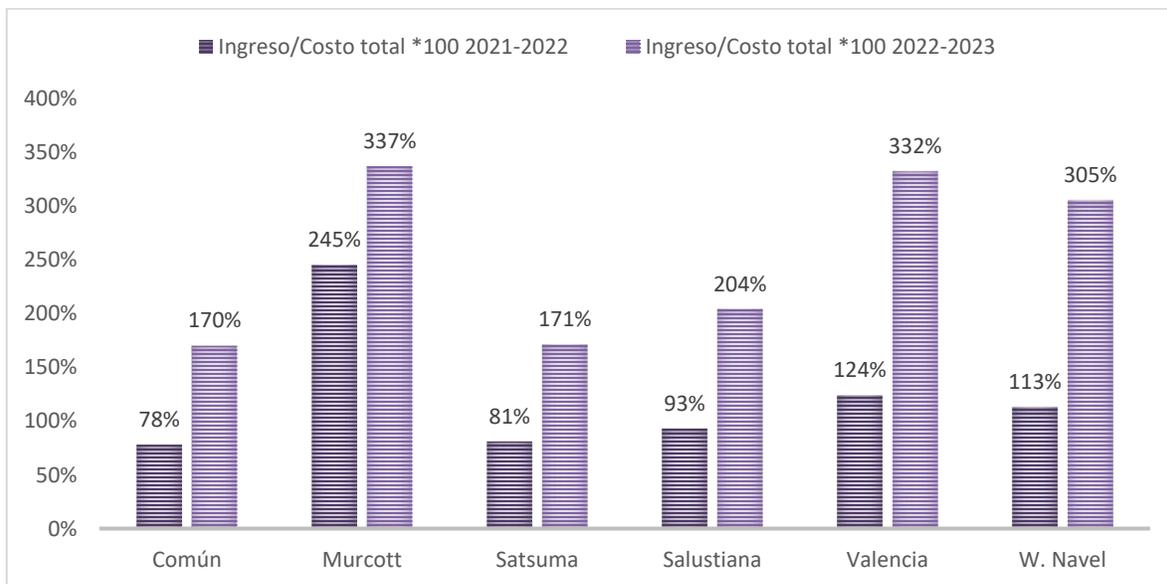


Figura 2: Comparación de los resultados económicos entre campañas. Fuente: elaboración propia.

Los resultados económicos de las campañas 2021-2022 y 2022-2023 se presentan en el Figura 2. Se observa que el 2021-2022 fueron notoriamente inferiores a los actuales. En el primer año analizado no todas las variedades cubrieron sus costos de producción mientras que en la presente campaña todos fueron notablemente superiores.

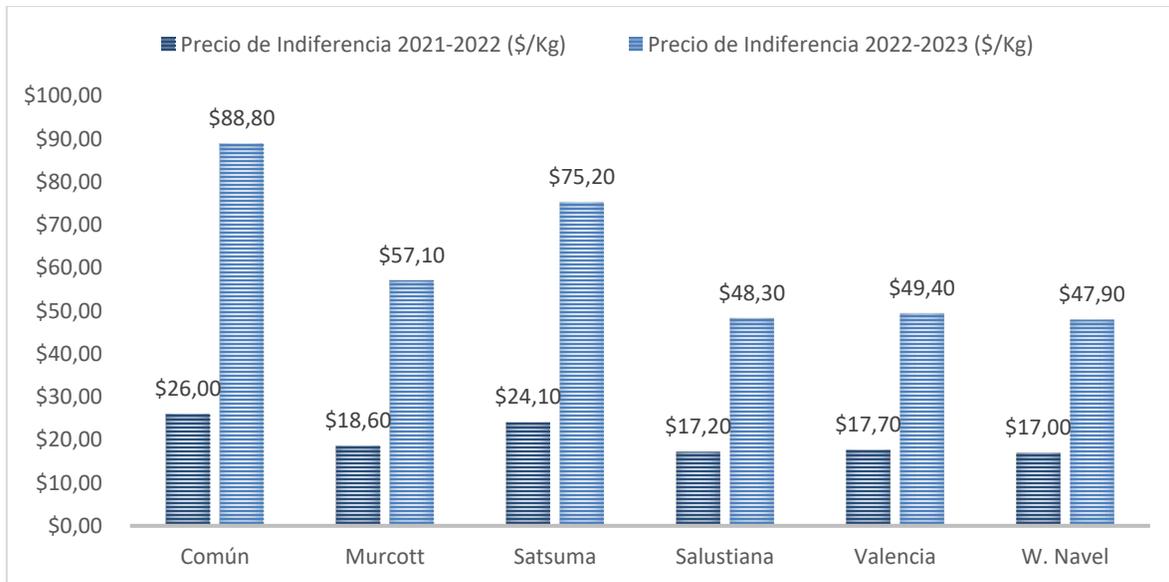


Figura 3: Precios de indiferencia en las campañas 2021-2022 y 2022 -2023. Fuente: Elaboración propia.

El aumento de costos comparando las campañas analizadas fue notable y este resultado se puede observar a través del precio de indiferencia del Figura 3. La mandarina Común presenta el mayor precio de indiferencia en la campaña actual, debido a su alto costo productivo seguido de la mandarina Satsuma. Por su parte W. Navel presenta debido a su bajo costo y pese a su baja productividad el menor precio de indiferencia. Las variedades de mandarina, Común, Murcott y Satsuma, presentan la mayor diferencia de los precios de indiferencia entre las dos campañas.

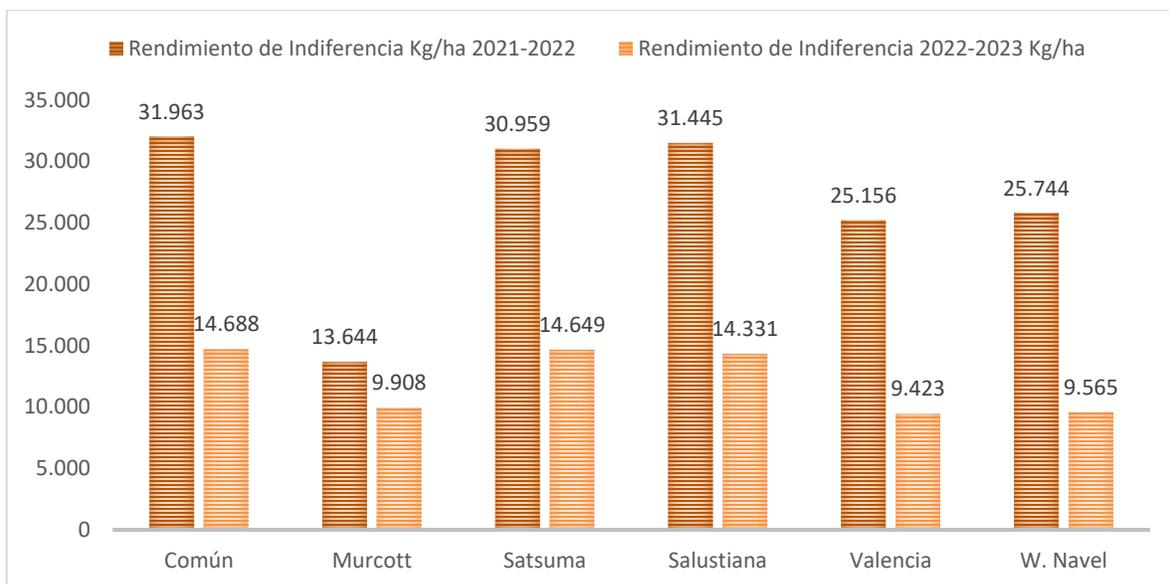


Figura 4: Rendimientos de indiferencia entre campañas 2021-2022 y 2022-2023

La mandarina Común, la Satsuma y la naranja Salustiana presentan los mayores rendimientos de indiferencia en ambas campañas (Figura 4). Entre las campañas analizadas se puede observar una disminución de la cantidad de fruta necesaria para cubrir los costos de producción. Esto se debe a que el aumento de los precios de venta tuvo más impacto que el incremento de los costos.

## Conclusiones

Los resultados económicos de la campaña 2022-2023 muestran que la valorización de la producción fue muy importante y que permitió alcanzar indicadores económicos positivos pese al aumento de costos. Si bien aún no ha finalizado la cosecha de la presente campaña los indicadores analizados son promisorios.

Los mayores rendimientos económicos por hectárea, fueron alcanzados por mandarina Murcott y naranja Valencia late respectivamente. En contraposición mandarina Satsuma y naranja Salustiana presentaron los menores beneficios. Al analizar la composición de costos se determinó que la mayor proporción de los mismos corresponde a las amortizaciones de bines durables, y a la aplicación de insumos para nutrición y sanidad de las plantas. Las tareas generales del personal de cuidado de las plantaciones, poda y releo complementan la composición mayoritaria de los costos. Los porcentajes de ingresos sobre los costos totales presentaron valores superiores durante la presente campaña en comparación con la 2021-2022. Los precios de indiferencia en la comparación de ambas campañas muestran incrementos importantes como es el caso de mandarina Común y Satsumas. Los rendimientos de indiferencia disminuyeron en forma notable entre zafros lo cual es explicado por el alza del precio de la fruta.

Las dificultades climáticas de la presente campaña han afectado a la región con diferente rigurosidad. Por esto es probable que existan variados niveles de rendimiento y calidad de la fruta producida y en consecuencia de resultados económicos. Los beneficios estimados corresponden a rendimientos promedios de la zona, pudiendo variar según el grado de stress hídrico sufrida en cada situación.

## Referencias

Bevilacqua, M., Storti, L. (2016). Informes de Cadena de valor. AÑO 1 - N° 19. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación.

Brizuela, A., Aguirre, C., Scatone, G. (2016) Resultados del Censo Citrícola 2015/2016. FECIER-UNER. [https://www.fecier.org.ar/descargas/Resultados\\_Censo\\_Citricola\\_2016.pdf](https://www.fecier.org.ar/descargas/Resultados_Censo_Citricola_2016.pdf)

Federación Argentina del Citrus (2022). La actividad citrícola argentina N° 22. <https://www.federcitrus.org/>

# INGENIERÍA ELÉCTRICA



# Propuesta de Ensayos Electromecánicos en Herramientas y Equipos para Trabajos en Instalaciones de más de un Kilovolt Energizadas - ENIANCD0003466

Proposal for electromechanical testing on tools and equipment for work in installations of more than one kilovolt energized

Presentación: 04/10/2023

## **Luis Lorenzo Neira**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
luislorenzoneira@gmail.com

## **Francisco Avelino Pérez**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
faperez@arnet.com.ar

## **Rodrigo Andrés Franchini**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional / Cooperativa Eléctrica Concordia - Argentina  
franchinirodrigoa@gmail.com

## **Guillermo Andrés Quintero**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

## **Diego Javier Desgracia**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

## **Santiago Cabrera**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

## **Juan Martin Rubbio**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

## **Resumen**

El trabajo en instalaciones energizadas requiere el uso de equipos y herramientas específicas. En el caso de las herramientas, existen a nivel internacional Normas y recomendaciones para mediante ensayos determinar si las mismas cumplen los requisitos eléctricos y mecánicos. Estas Normas en la mayoría de los casos se refieren a equipos nuevos, es decir son las verificaciones en el momento de la entrega en fábrica. Posteriormente, cuando se comienza a trabajar y con el pasar del tiempo se requiere saber si el equipo o herramienta se encuentra en condiciones óptimas o si debe ser limitado tanto eléctrica como mecánicamente, para ello en general se aplican las mismas normas lo cual da como consecuencia un descarte de muchos equipos por no cumplir con los requisitos originales.

En la actualidad, en ámbitos especializados se discute la vigencia de la aplicación de las Normas antes mencionadas para equipos o herramientas usadas. El presente trabajo, pretende formular propuestas concretas referente a los diferentes ensayos a realizar sobre equipos usados y establecer una frecuencia para la repetición de los mismos.

Se recopilarán los antecedentes a nivel nacional e internacional. Se establecerán contactos con tres grupos diferentes. Por una parte, usuarios de estos equipos, por otras fabricantes y finalmente instituciones nacionales e internacionales tales como la Comisión 21 de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), el Instituto Argentino de Racionalización de los Materiales (IRAM), el Grupo de Trabajo Trabajos con Tensión de la Comisión de Integración Energética Regional (CIER). En todos los casos el objetivo será recopilar antecedentes, normativa y documentos que dieron origen a la normativa.

En el marco de la presente investigación, también se pretende proponer equipos para ensayos que sean accesibles y condiciones de ensayo simplificadas de forma tal que las verificaciones sean realizables por todos los usuarios. Es decir, se tratará de obtener que los Trabajos con Tensión se realicen con equipos cuya confiabilidad esté asegurada.

Contar con mejores conocimientos sobre el comportamiento de las herramientas o equipos para trabajos en instalaciones energizadas, tiene muchas ventajas que van desde una mejora en la calidad del desarrollo de los Trabajos con Tensión por cuanto los operarios realizarán las tareas de una manera más segura lo que redundará en una mejora en su calidad de condiciones de trabajo hasta una mejora económica, dado que en la actualidad las verificaciones realizadas bajo la normativa existente resultan muy onerosas y dan como resultado un descarte prematuro de muchos equipos que podrían continuar en servicio.

La fluida comunicación del grupo de trabajo con sociedades profesionales específicas de alta tensión y trabajo con tensión, posibilitará la propagación de los conocimientos adquiridos en reuniones, donde se participa junto a todas las empresas del sector agrupadas en la Asociación Electrotécnica Argentina y en el Comité Argentino de la Comisión de Integración Energética Regional. Trasladar estos conocimientos al campo económico resultará tarea de las distintas empresas eléctricas que se verán beneficiadas con los resultados de este trabajo conjunto.

Para finalizar, la posibilidad del desarrollo de una recomendación que permita determinar el grado de deterioro o desgaste de las herramientas o equipos en uso, significará una excelente posibilidad de negocio, considerando que la misma tendrá aplicación en aquellas empresas del rubro eléctrico que realicen mantenimiento con tensión de líneas aéreas y estaciones de alta tensión.

Existen actualmente Normas que establecen los requisitos a cumplir tanto para los materiales constitutivos como para las herramientas o equipos terminados destinados a ser utilizados en mantenimiento de instalaciones energizadas.

Estas Normas, aseguran un grado de confiabilidad para los usuarios de estos equipamientos, pero tienen el inconveniente que en su mayoría son para equipos nuevos. En general no se establece que tipo de ensayos o verificaciones deben efectuarse a los equipos usados y por lo tanto en general lo que se hace es realizar los mismos ensayos o parte de ellos a los equipos usados. El resultado es que en muchos casos los equipos o herramientas son descartados puesto que las exigencias de un equipo nuevo no pueden ser superadas por uno con un determinado uso. Sin embargo, en muchos casos la exigencia a que se los espuso en el ensayo es muy superior a las máximas condiciones de uso cotidiano y esto que pareciera muy razonable para un equipo nuevo con un panorama de uso de varios años, no lo es para uno usado.

Por lo expuesto, este tema está siendo muy requerido por las empresas del medio y es objeto de estudio y revisión tanto a nivel nacional como internacional.

**Palabras clave: Trabajo con Tensión - Ensayos de recepción - Ensayos rutinarios - Ensayos Periodicos**

## **Abstract**

Work in energized facilities requires the use of specific equipment and tools. In the case of tools, there are international standards and recommendations to determine, through tests, whether they meet the electrical and mechanical requirements. These Standards in most cases refer to new equipment, that is, they are verifications at the time of delivery to the factory. Subsequently, when work begins and with the passage of time, it is necessary to know if the equipment or tool is in original conditions or if it should be limited both electrically and mechanically; for this, the same standards are generally applied, which results in a discard of many equipment for not meeting the original requirements.

Currently, in specialized areas the validity of the application of the aforementioned Standards for used equipment or tools is being discussed. The present work aims to formulate specific proposals regarding the different tests to be carried out on used equipment and establish a frequency for their repetition.

Background information will be collected at the national and international level. Contacts will be established with three different groups. On the one hand, users of this equipment, other manufacturers and finally national and international institutions such as Commission 21 of the Argentine Electrotechnical Association (AEA), the Argentine Institute for the Rationalization of Materials (IRAM), the Working Group on Works with Tension of the Regional Energy Integration Commission (CIER). In all cases the objective will be to collect background information, regulations and documents that gave rise to the regulations.

Within the framework of this research, it is also intended to propose accessible testing equipment and simplified testing conditions so that verifications are feasible for all users. That is, we will try to ensure that Live Work is carried out with equipment whose reliability is assured.

Having better knowledge about the behavior of tools or equipment for work in energized installations has many advantages that range from an improvement in the quality of the development of Live Work because the operators will perform the tasks in a safer manner, which It results in an improvement in the quality of working conditions and even an economic improvement, given that currently the verifications carried out under the existing regulations are very onerous and result in the premature discarding of many pieces of equipment that could continue in service.

The fluid communication of the working group with specific professional societies for high voltage and work with voltage will enable the propagation of the knowledge acquired in meetings, where they participate together with all the companies in the sector grouped in the Argentine Electrotechnical Association and the Argentine Committee. of the Regional Energy Integration Commission. Transferring this knowledge to the economic field will be the task of the different electrical companies that will benefit from the results of this joint work.

Finally, the possibility of developing a recommendation that allows determining the degree of deterioration or wear of the tools or equipment in use will mean an excellent business possibility, considering that it will be applied in those companies in the electrical sector that perform maintenance with tension of overhead lines and high voltage stations.

There are currently Standards that establish the requirements to be met both for the constituent materials and for the finished tools or equipment intended to be used in the maintenance of energized facilities.

These Standards ensure a degree of reliability for the users of this equipment, but they have the drawback that they are mostly for new equipment. In general, it is not established what type of tests or verifications must be carried out on the used equipment and therefore in general what is done is to carry out the same tests or part of them on the used equipment. The result is that in many cases the equipment or tools are discarded since the demands of a new equipment cannot be exceeded by one with a certain use. However, in many cases the demands to which they were exposed in the test are much higher than the maximum conditions of daily use and this, which seems very reasonable for a new equipment with a usage outlook of several years, is not for one. used.

Due to the above, this topic is being highly requested by companies in the environment and is the subject of study and review both nationally and internationally.

## Introducción

Como introducción a lo mencionado, describimos que los objetivos que se persiguen durante el desarrollo del presente proyecto son:

- Elaborar recomendaciones para la realización de ensayos de Laboratorio y de Campo de Herramientas y Equipos usados, destinados a mantenimiento de instalaciones energizadas.
- Disminuir los niveles de descarte de equipos usados para realizar mantenimiento en instalaciones energizadas.
- Promover seminarios internos de capacitación.
- Fortalecer la competencia técnica de los integrantes de los grupos de Investigación y Desarrollo que intervienen en el presente proyecto (GITCT), a través de la participación en Cursos, Congresos, Seminarios y/o reuniones científicas.
- Potenciar el intercambio de conocimiento entre la UTN FRCON y los organismos que regulan el Trabajo con Tensión a nivel Nacional e Internacional.
- Aportar al conocimiento sobre el tema en el ámbito nacional e internacional, a través de la realización de publicaciones que lleven en su contenido el resultado de las tareas de investigación efectuadas.
- Presentar los hallazgos en congresos y foros nacionales e internacionales de la especialidad.
- Transferir conocimientos a fabricantes y usuarios nacionales y regionales.

## Desarrollo

En la actualidad, si bien existen múltiples Normas y Procedimientos para verificar el estado de las herramientas y equipos para trabajos en instalaciones energizadas, estos son de aplicación para equipos nuevos que salen de fábrica.

Si los resultados de esta investigación son los esperados, podremos contar con una Normativa de aplicación para herramientas y equipos con diferentes grados de uso y en consecuencia se obtendrá un conocimiento fehaciente del grado de deterioro del mismo respecto a su condición de origen. Los resultados de esto, serán una mayor y mejor

utilización de los equipos y herramientas permitiendo en consecuencia a reducir los costos de los trabajos realizados bajo esta modalidad.

Se estima que los resultados serán de importancia para todas las empresas del sector eléctrico que posean actualmente equipos de Trabajo en Instalaciones Energizadas de Alta y Muy Alta Tensión. Más aún, los propios fabricantes e importadores, podrán hacer uso de los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas ya que también se beneficiarán con nuevos conocimientos respecto de sus productos, a partir del análisis su comportamiento.

Por otra parte, una de las virtudes de este trabajo será la transferencia neta de resultados principalmente a empresas del sector donde trabajan los profesionales intervinientes:

- Comisión Técnica Mixta de Salto Grande
- Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe
- Cooperativa Eléctrica de Concordia

a lo cual hay que sumarle el Departamento de Electrotecnia de la FRCON, considerando también sus Laboratorios, cuerpo docente, becarios y alumnos en general.

También otras empresas serán beneficiadas como Hangar SA y LIAT SA, principalmente orientadas al mantenimiento en vivo de líneas aéreas y al desarrollo de equipamiento.

Las principales tablas de disciplinas que se verán beneficiadas por el proyecto podrían ser las siguientes:

- 1- Electromagnetismo (0303)
  - 2- Instalaciones eléctricas e iluminación (1903)
  - 3- Sistemas eléctricos de potencia (1905)
  - 4- Métodos Numéricos Computación (0706)
- Análisis sobre los motivos más frecuentes por fallas en herramientas y equipos.

La formación de recursos humanos es de fundamental importancia en este proyecto y en tal sentido se pretende:

1- La conformación del Grupo de Investigación y Desarrollo de Equipos y Herramientas para Trabajos con Tensión (GITCT) en el Departamento Electrotecnia de la Facultad Regional Concordia de la UTN, con los siguientes integrantes: Ing. Luis Neira, Ing. Francisco Pérez, Ing. Rodrigo Franchini, el ayudante de Laboratorio Diego Degracia y los alumnos becarios.

2- Dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FRCON, se procederá a la habilitación definitiva de dispositivos existentes en el Laboratorio de Alta Tensión para el cual se han seleccionado los becarios para su puesta en funcionamiento.

3- Completando lo anterior, la formación de docentes investigadores (Ings. Francisco Pérez y Rodrigo Franchini del GITCT) será fundamental en sus respectivas carreras a través de su actividad en el proyecto para aspirar a categorías superiores.

4- Por su parte, las empresas eléctricas: Cooperativa Eléctrica de Concordia, Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe y Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, tendrán un aporte especial durante el desarrollo del proyecto, ya que se verán beneficiadas con la formación "In situ" y en Laboratorio de parte de sus cuerpos técnicos y profesionales.

5- Asimismo, por ser integrantes varios de los profesionales del PID en la Comisión N°21 de la Asociación Electrotécnica Argentina "Trabajo con Tensión", se podrán transmitir las experiencias alcanzadas en el presente proyecto, las que luego serán transmitidas a cada una de las empresas que tengan representantes en esta comisión. Complementado esto, con la participación en las diferentes sociedades tal es el caso de la CIER, CIGRE y la IEEE, por ejemplo

## Conclusiones

En relación con lo expuesto anteriormente, se referirán las siguientes conclusiones a cada herramienta en particular, tomando como pilares fundamentales:

- Las recomendaciones de fabricantes.
- Lo extractado de las correspondientes Normas y publicaciones.
- Los ensayos realizados.
- Las experiencias de los usuarios.

### **Pértigas tensoras**

Se consideran solo tener en cuenta las pértigas tensoras, cuyos modelos a tener en cuenta son:

Pértigas tensoras de longitud fija.

Pértigas tensoras ajustables.

### **Pértigas tensoras empalmables.**

En general para todos los casos se deberá tener en cuenta un criterio de descarte basado en aquellas pértigas tensoras que presenten condiciones como las listadas a continuación, aquellas que presenten uno o varios de estos ítems deberán ser removidas de servicio.

- a) Identificación pérdida o ilegible
- b) Rajadura o rotura del tubo, o en cabezal con horquilla, o en los pernos transversales en caso de que los tuviese.
- c) Tuercas, pernos, chavetas, arandelas de seguridad u otros elementos de sujeción y dispositivos de retención sueltos o faltantes.

- d) Rastros de daño por calentamiento, incluido salpicaduras de soldadura y arcos eléctricos
- e) Corrosión excesiva o picaduras
- f) Componentes de soporte de carga abollados, agrietados, desgastados, torcidos, deformados o rotos
- g) Muecas o desgaste excesivo
- h) Deformación o daño excesivo en roscas de los ganchos
- i) Evidencia de modificación o reparación no autorizada
- j) Otras condiciones, incluyendo daño visible que cause dudas para continuar el uso.

### **Pértigas Tensoras de Longitud Fija**

- Ensayos de recepción:

Ensayo mecánico: Se lleva la pértiga al 110% de la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los terminales o insertos metálicos. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar al proveedor y solicitar el reemplazo.

- Ensayos y controles periódicos:

Ensayos mecánicos: Cada 6 años se lleva la pértiga a la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los terminales o insertos metálicos. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar a la base de mantenimiento y solicitar el reemplazo.

### **Pértigas Tensoras Ajustables**

- Ensayos de recepción:

Ensayo mecánico: Se lleva la pértiga al 110% de la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los pernos con la pértiga. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar al proveedor y solicitar el reemplazo.

- Ensayos y controles periódicos:

Ensayos mecánicos: Cada 6 años se lleva la pértiga a la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los pernos con la pértiga. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar a la base de mantenimiento y solicitar el reemplazo.

## **Pértigas Tensoras Empalmables**

- Ensayos de recepción:

Ensayo mecánico: Se lleva la pértiga al 110% de la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los pernos con la pértiga. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar al proveedor y solicitar el reemplazo.

- Ensayos y controles periódicos:

Ensayos mecánicos: Cada 6 años se lleva la pértiga a la máxima carga de trabajo a la tracción, especificada por el fabricante, luego se la mantiene durante 5 minutos, al finalizar se retira la carga y se realiza la inspección visual de todas las partes. Considerado satisfactorio de no detectarse ninguna rotura ni deformación de los pernos con la pértiga. En caso de producirse algún defecto se deberá sacar de circulación, informar a la base de mantenimiento y solicitar el reemplazo.

## **Sogas**

Existen un innumerable tipo de sogas. En esta investigación solo se hizo foco en las sogas aptas para TCT, es decir:

- Sogas de polipropileno.
- Sogas de polidacrón.
- Sogas con tratamientos especiales de acuerdo con la Norma IEC 62192 aptas para TCT.

Si bien las únicas aptas para TCT de acuerdo con la Norma IEC son las que responden a la Norma IEC 62192 se consideró que bajo ciertas condiciones pueden utilizarse sogas de polietileno y de polipropileno.

Condiciones para tener en cuenta:

- Condiciones ambientales que aseguren que no se producirán lluvias.
- O bien que en caso de lluvia dejen de usarse de manera inmediata.
- Esto obliga a utilizar sogas que respondan a Normas IEC para el izaje de personas a potencial, dado que ante una inminente lluvia no podrían retirar la persona que se encuentra a potencial en el caso de usar sogas de otro tipo.
- Por lo expuesto daremos recomendaciones para dos tipos de sogas:
- Sogas de polipropileno o polidacrón sin tratamiento.
- Sogas con tratamientos especiales de acuerdo con la Norma IEC 62192 aptas para TCT
- Los ensayos eléctricos son diferentes para la recepción, pero los mecánicos los adoptaremos iguales.

Ensayo de recepción

Tracción, elongación y fluencia de acuerdo con la Norma IEC 62192.

## Ensayos periódicos

Antes de cada trabajo, en el lugar de trabajo se realizará un ensayo visual. Complementariamente, cada 2 años se realizará un ensayo de tracción utilizando una muestra de la soga y tomando como carga de ensayo la carga de trabajo, para ello se deberá tener en cuenta el uso de la soga considerando que para izaje de personas se utilice coeficiente de seguridad 10 y para izaje de cargas se use coeficiente de seguridad 4.

## Herramientas en general

Las dos herramientas expuestas anteriormente, son sobre las cuales se pudo recolectar más información y realizar algunos ensayos, aunque, gracias al aporte de fabricantes y usuarios de herramientas de TCT se pudo elaborar un cuadro con recomendaciones de ensayos mecánicos sobre diversas herramientas, el cual se expondrá a continuación.

Tabla 1: Cuadro simplificado

Naturaleza del material		Naturaleza de los controles		Detalles	Frecuencia de los controles
		Mecánico			
Sogas para TcT	En uso	Tracción		Según carga de trabajo y tipo de uso.*1	2 años
		Verificación		Inspección Visual	En el lugar de trabajo
	Nuevo	Tracción, elongación y fluencia		De acuerdo IEC 62192.	Recepción
Varillas Roscadas	En uso	Tracción		Carga máxima de trabajo/Dimensional	4 años
		Verificación		Inspección Visual	Antes de cada trabajo
	Nuevo	Tracción		110 %Carga máxima de trabajo/Dimensional	Recepción
Crapodinas	En uso	Tracción		Carga máxima de trabajo/Dimensional	4 años
		Verificación		Inspección Visual/Dimesional	Antes de cada trabajo
	Nuevo	Tracción		110 %Máxima carga de Trabajo/Dimensional	Recepción
Plataformas y Carros	En uso	Tracción - Uniones soldadas (ultrasonido y tinta penetrante).		Carga máxima de trabajo/Funcional	10 años
		Verificación		Inspección Visual/Funcional	Antes de cada trabajo
	Nuevo	Tracción - Uniones soldadas (ultrasonido y tinta penetrante).		110 % Máxima carga de Trabajo/Funciona	Recepción
Silletas p/Poste, Torre, ojal, cruceta y elevadora	En uso	Flexión		Carga máxima de trabajo/Funcional	2 años
		Verificación		Inspección Visual/Funcional	Antes de cada trabajo
	Nuevo	Flexión		110 %Máxima carga de Trabajo/Funcional	Recepción
Pértigas Tensoras	En uso	Tracción		Carga máxima de trabajo/Dimesional	6 años
		Verificación		Inspección Visual	Antes de cada trabajo
	Nuevo	Tracción		110% de Máxima carga de Trabajo/Dimensional	Recepción

## Referencias

23. UTE - "Especificación técnica E.T. Herramientas de TCT
24. UTE - "Especificación técnica E.T.01.20/0. Pértigas telescópicas". 26/02/03
25. "Ensayo de Tensión. Protocolo. Curso de Materiales" Edición 2011-2. Facultad de Ingeniería Industrial. Laboratorio de Producción.
26. Ensayo: "Tracción estática de metales". Escuela Industrial Superior - Universidad Nacional del Litoral. Año 2010.
27. "Advertencia e información sobre uso y mantenimiento de pastecas" – The Crosby Group LLC – 2013.

28. “Especificación Técnica: Herrajes para líneas aéreas de alta tensión (E-LT-005)” – Enersis – Endesa.
  29. “Pértigas de maniobra: tipos, construcción y ensayos”. Prof. Luciano Moltedo. Sicame Argentina. LIAT S.A.
  30. “Controles a Herramientas TcT” – Subcomisión de Herramientas. C21 – AEA. Presentación preparada por Transener S.A. – agosto 2016
  31. “Tabla de Ensayos Mecánicos” – Transener.
- IEC 61318 - “Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment”.
- IEC 60855-1 - “Live working – Insulation foam-filled tubes and solid rods” Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section
- IEC 60832-1 - “Live working – Insulating sticks and attachable devices” Part 1: Insulating sticks
- IEC 60832-2 - “Live working – Insulating sticks and attachable devices” Part 2: Attachable devices
- IEC 62193 - “Live working – Telescopic sticks and telescopic measuring sticks”
- ASME B30.26-2010 - “Rigging Hardware” Safety Standard for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, and Slings.
- ASTM F1701-05 - “Standard Specification for Unused Rope with Special Electrical Properties”
- IRAM-IAS U 500-102-1 - “Productos de acero. Métodos de ensayo de tracción”
- ISO/IEC 17025 - “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories”
- IEC 62192 - “Live working – Insulating ropes”
- IEEE 516 - GUIDE FOR MAINTENANCE FOR ENERGIZED POWER LINES.

# Estudio de la variación de la resistividad eléctrica del suelo a lo largo del año

## Study of the variation of the electrical resistivity of the soil throughout the year

Presentación: 04/10/2023

Mario Rafael Hernán Chury

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
[mrhchury@frcon.utn.edu.ar](mailto:mrhchury@frcon.utn.edu.ar)

Adrián Silva Busso

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
[mrhchury@frcon.utn.edu.ar](mailto:mrhchury@frcon.utn.edu.ar)

Viviana Venturino

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
[hidrogeno@frcon.utn.edu.ar](mailto:hidrogeno@frcon.utn.edu.ar)

Silvia Delaloye

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
[delaloyes@gmail.com](mailto:delaloyes@gmail.com)

### Resumen

Se han realizado algunas investigaciones tendientes a cuantificar las variaciones de la resistividad eléctrica del subsuelo con la variación estacional a lo largo del año, entendiendo que la temperatura y humedad eran determinantes en los cambios resistivos. En ellos se ha verificado que la variación de la resistividad eléctrica del subsuelo es muy baja cuando el nivel freático se encuentra cerca de la superficie del terreno durante todo el año. Otros autores analizaron dicha variación bajo diferentes condiciones meteorológicas observando que las variaciones de resistividad tenían un comportamiento diferente frente a estos cambios según el tipo de suelo considerado. Como puede observarse de las conclusiones mencionadas, la variación estacional del valor de resistividad del suelo es fuertemente dependiente de las características de la región en estudio o sea de su tipo de suelo y condiciones climáticas. En este proyecto (PID MSTCADC 0008189TC) se ha propuesto como objetivo estudiar las variaciones de la resistividad eléctrica del subsuelo en forma continua durante el año para una geología y clima específico y obtener así mejor detalle. Se optó por realizarlo en la Formación Ubajay más precisamente en la cuenca del Arroyo Palmar siendo la elección de esta cuenca debido a que cuenta con estaciones de monitoreo continuo de humedad, temperatura de suelo, nivel freático y una estación meteorológica automática. La principal contribución de este proyecto es estudiar el comportamiento geoelectrico del suelo, que deriva en aplicaciones científicas y tecnológicas directas. Desde una perspectiva más tecnológica la variabilidad resistiva tiene importante aplicación en la puesta a tierra de equipos y maquinarias industriales.

**Palabras clave:** Resistividad eléctrica, variación, equipo de medición continua

### Abstract

Some research has been carried out to quantify the variations in the electrical resistivity of the subsoil with seasonal variation throughout the year, understanding that temperature and humidity were determinants in the resistive changes. In them it has been

verified that the variation in the electrical resistivity of the subsoil is very low when the water table is close to the ground surface throughout the year. Other authors analyzed this variation under different meteorological conditions, observing that resistivity variations had a different behavior in the face of these changes depending on the type of soil considered. As can be seen from the aforementioned conclusions, the seasonal variation of the soil resistivity value is strongly dependent on the characteristics of the region under study, that is, its type of soil and climatic conditions. In this project (PID MSTCACD 0008189TC) the objective has been proposed to study the variations of the electrical resistivity of the subsoil continuously during the year for a specific geology and climate and thus obtain better detail. It was decided to carry it out in the Ubajay Formation, more precisely in the Arroyo Palmar basin, this basin being chosen because it has continuous monitoring stations for humidity, soil temperature, water table and an automatic meteorological station. The main contribution of this project is to study the geoelectric behavior of the soil, which leads to direct scientific and technological applications. From a more technological perspective, resistive variability has an important application in the grounding of industrial equipment and machinery.

**Keywords:** Electrical resistivity, variation, continuous measurement equipment

## Introducción

Si la resistividad eléctrica de las rocas dependiese únicamente de los minerales constituyentes, habrían de considerarse como aislante en la mayoría de los casos, puesto que el cuarzo, los silicatos, la calcita, las sales, etc., los son prácticamente. Solo en el caso de que la roca contuviese minerales semiconductores en cantidades apreciables, podrían considerarse como conductoras, es decir, solo lo serían las menas metálicas. Afortunadamente, todas las rocas tienen poros en proporción mayor o menor, los cuales suelen estar ocupados total o parcialmente por electrolitos, de lo que resulta que, en conjunto, las rocas se comportan como conductores iónicos, de resistividad muy variable según los casos (Orellana, 1982).

Dentro de los factores que tienen importancia en la variación de la resistividad de un suelo pueden nombrarse:

1. Contenido de humedad
2. Concentración de sales en el agua contenida en los poros
3. Temperatura del suelo
4. Porosidad del suelo
5. Contenido de finos

De estos factores, la temperatura del suelo y su contenido de humedad pueden verse afectados a lo largo del año debido a las condiciones climáticas propias de cada estación.

Algunas investigaciones tendientes a cuantificar las variaciones de la resistividad del subsuelo se exponen a continuación.

Uno de los trabajos (Afa y Anaele, 2010) realizaron un estudio de la variación estacional de la resistividad eléctrica del subsuelo, para la evaluación del comportamiento de un sistema de puesta a tierra, en 18 sitios diferentes y a 3 profundidades distintas y que se correspondían con los cambios en los horizontes del suelo. Ellos llegaron a la conclusión que la variación estacional era muy baja debido a que el nivel freático se encontraba cerca de la superficie del terreno durante todo el año. En otro trabajo (Gonos et al., 2014) se estudió la variación de la resistividad eléctrica del suelo en varios sitios durante el año para alimentar un modelo de simulación de comportamiento de redes de puesta a tierra. Encontraron que para los meses de verano la resistividad eléctrica en todos los sitios presentaba los valores más altos.

Siguiendo con el estudio de la variación de resistividad anual, (Min et al., 2017) analizaron dicha variación bajo diferentes condiciones meteorológicas en 20 puntos de observación y que se correspondían con tres tipos distintos de suelos. Observaron que las variaciones de resistividad tenían un comportamiento diferente según el tipo de suelo considerado.

Como puede apreciarse de las conclusiones mencionadas, la variación estacional del valor de la resistividad del suelo, es fuertemente dependiente de las características de la región en estudio o sea de su tipo de suelo y condiciones climáticas.

Es importante hacer notar que todas estas mediciones no fueron realizadas en forma continua como se pretende en este trabajo.

## Desarrollo

Este estudio se está llevando a cabo en la cuenca piloto del Parque Nacional El Palmar, más precisamente en la Seccional Capilla ubicada en la parte sur (Figura 1).

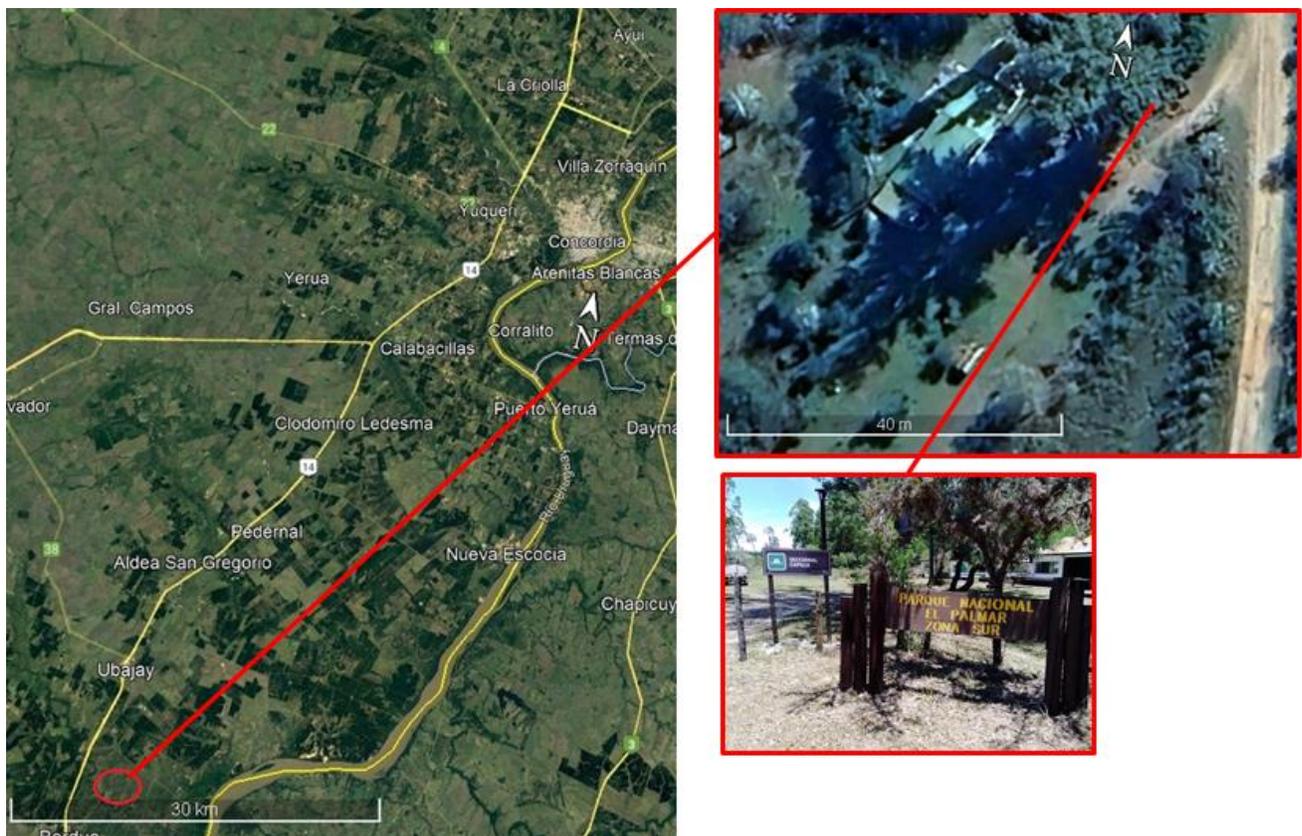


Figura 1. Ubicación lugar de trabajo.

La elección de esta cuenca se debe a que cuenta con estaciones de monitoreo continuo de humedad y temperatura de suelo, nivel freático (Figura 2). Todos estos instrumentos realizan sus respectivas mediciones y almacenamiento con un intervalo de una hora, teniendo a la actualidad 9 años de registro.



Figura 2. Estaciones de monitoreo de humedad, temperatura de suelo y nivel de agua.

Además, se cuenta con una importante base de información geológica e hidrogeológica proveniente de varios trabajos de investigación realizados en dicha zona (Silva Busso y Machado, 2019).

Para llevar a cabo este trabajo, se instalarán dos equipos electrónicos de medición. Uno de ellos fue desarrollado por el Dr. David Asiain Ansorena, docente-investigador de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (EUPLA) perteneciente a la Universidad de Zaragoza, que medirá la resistividad eléctrica del subsuelo a una profundidad determinada y en forma continua mediante la inyección de corriente alterna a una frecuencia determinada. Este dispositivo, realizará cada una hora una lectura y su almacenamiento (Figura 3).



Figura 3. Equipo de medición por inyección de corriente alterna.

Se realizaron pruebas para establecer su correcto funcionamiento, utilizando para ello muestras de arena seleccionada en laboratorio que fueron colocadas en una caja de suelos (Figura 4).



Figura 4. Caja de suelos.

Estas pruebas fueron llevadas a cabo con el Dr. Asiain, por medio de la realización de videoconferencias (Figura 5).

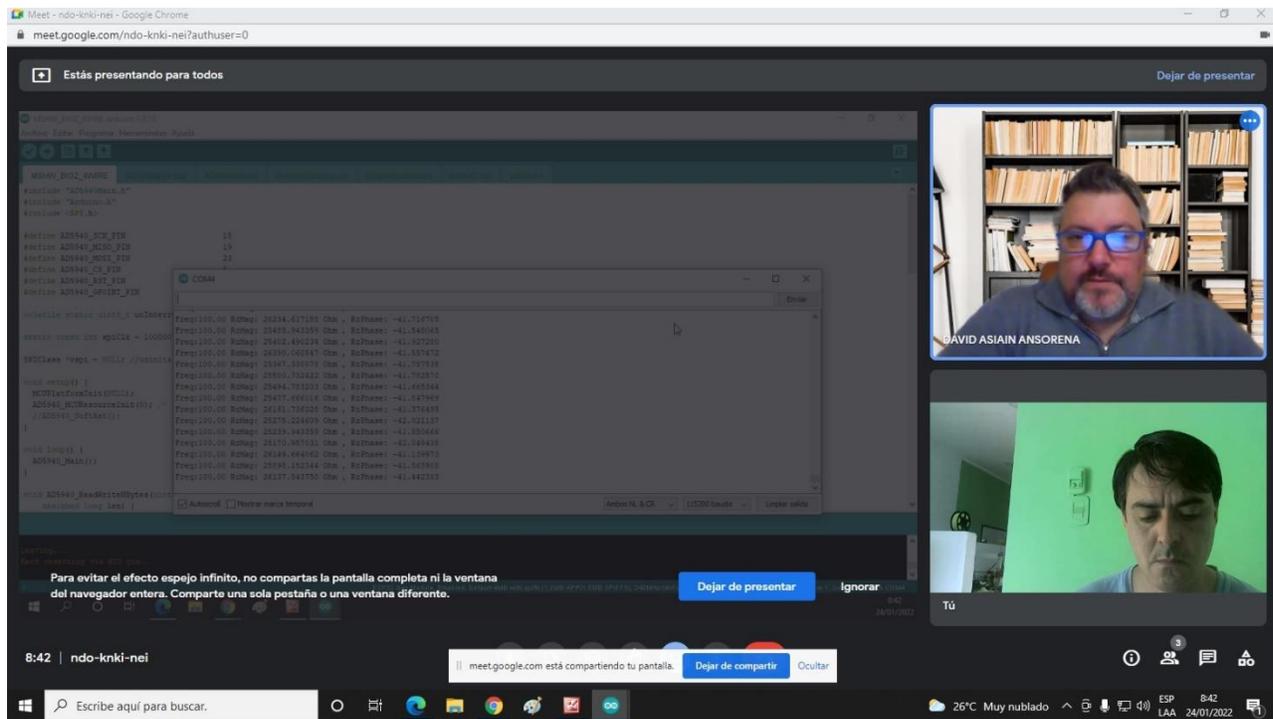


Figura 5. Pruebas del equipo electrónico desarrollado.

El otro equipo está siendo desarrollado en conjunto con el grupo de investigación CUDAR de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba, realiza las mediciones inyectando corriente continua y transmitiendo los datos medidos por medio de una conexión de telefonía celular.

## Resultados parciales

Con respecto a los datos obtenidos por las estaciones de monitoreo hidrogeológicas, se analizó el último año de mediciones, obteniéndose las curvas de contenido de humedad (Figura 6) y de temperatura del suelo (Figura 7) ambas a 1,2 metros de profundidad.

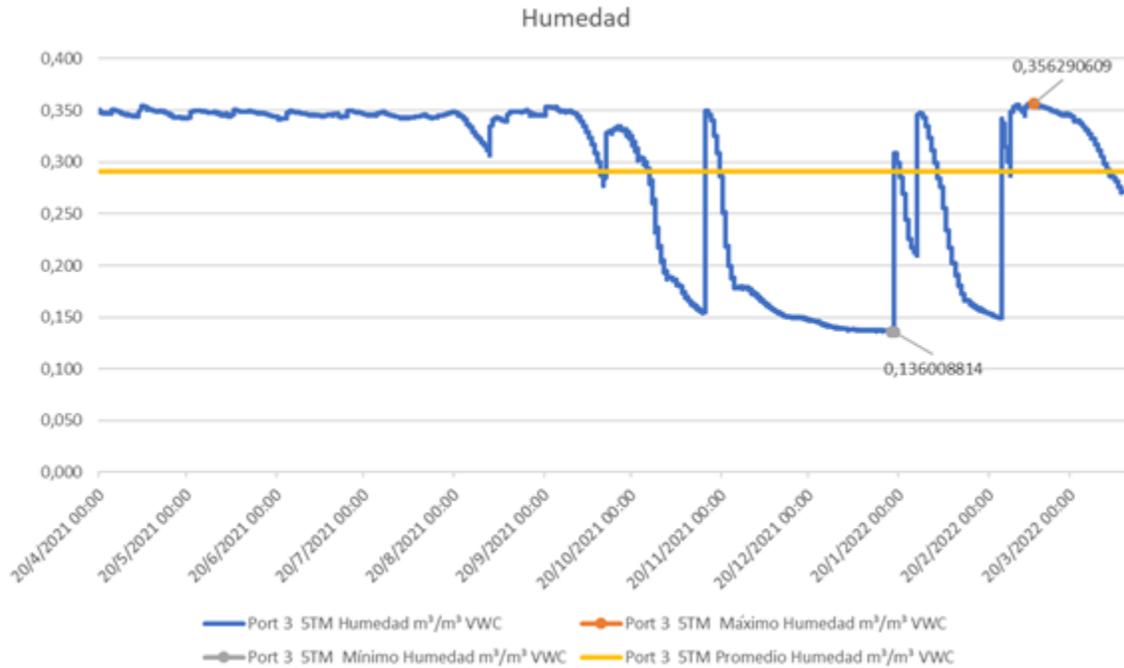


Figura 6. Registro de contenido de humedad del último año de medición.

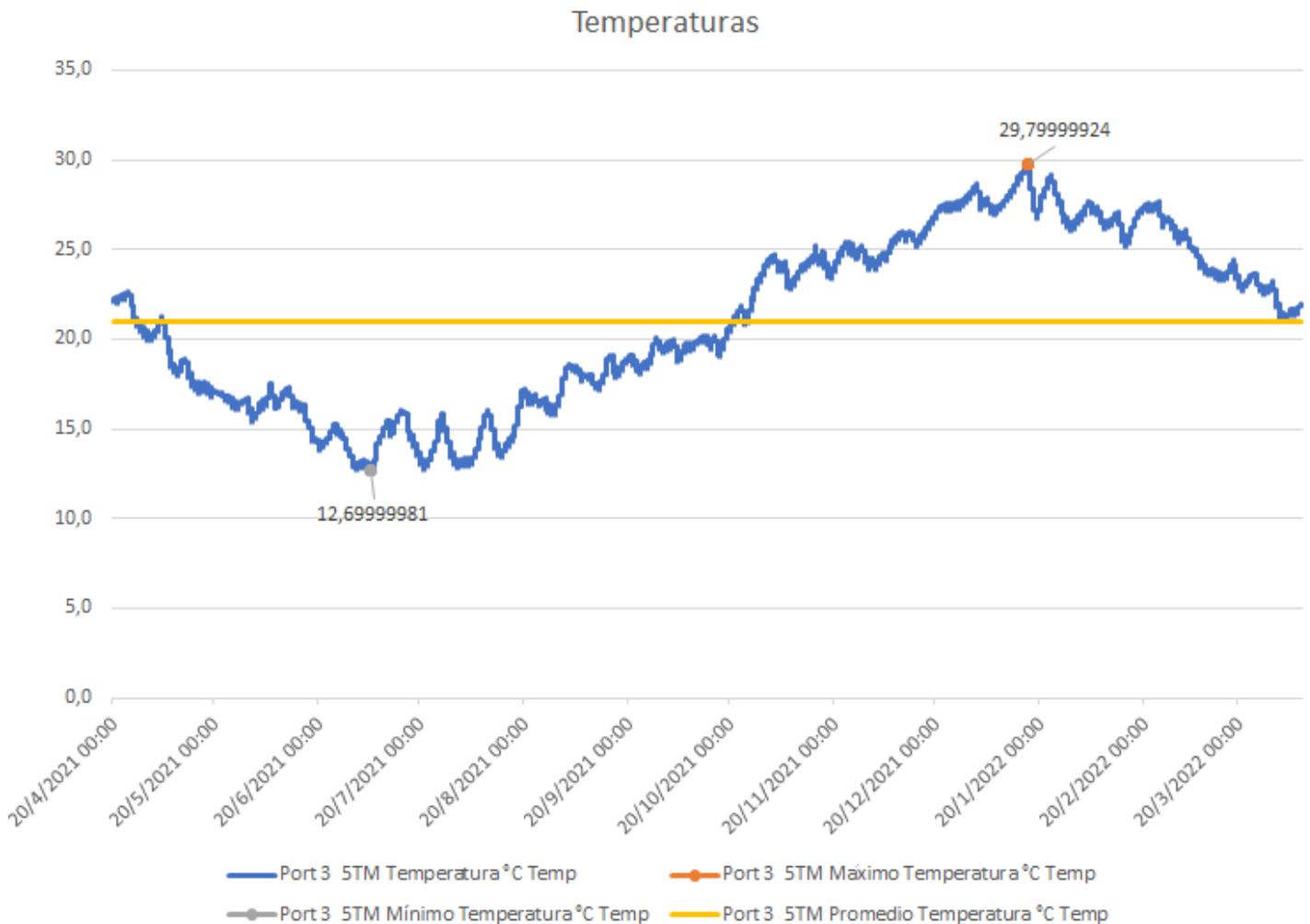


Figura 7. Registro de temperaturas del último año de medición.

## Conclusiones parciales

Por medio de la realización de mediciones de pruebas, realizadas sobre la placa electrónica desarrollada en la EUPLA, se pudo establecer que es necesario realizar una nueva calibración de la misma, para obtener valores con la precisión necesaria para trabajar con resistividades bajas de suelos.

Con respecto a las mediciones realizadas por las estaciones de monitoreo, se puede observar en la figura 6, los contenidos de humedad del suelo en los meses de octubre a marzo presentan el menor contenido de humedad, generando un aumento de su resistividad eléctrica, en contraparte con lo mostrado en la figura 7, donde la temperatura del suelo es superior a la media anual y esto posibilita una disminución de su resistividad eléctrica. Los pesos de las respuestas de estos dos factores en el comportamiento estacional de la resistividad eléctrica del suelo en su conjunto, podrán ser analizados, una vez que sean instalados los equipos de mediciones continua.

## Referencias

Orellana, E. (1982). "Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua", Madrid, España, Editorial Paraninfo, 578p.

Afa, J. y Anaele, C. (2010). "Seasonal Variation of Soil Resistivity and Soil Temperature in Bayelsa State". *American J. of Engineering and Applied Science*, 3 (4),704-709.

Gonos I., Moronis A., Stathopulos I. (2014), "Variation of Soil Resistivity and Ground Resistance During the Year", 28<sup>th</sup> International Conference on Lightning Protection, Kanazawa.

Min Li, Yi Gao, Tinglong Zhang, Hai Wu, Xiaoqing Lao, Zhe Chen. (2017)," Analysis of Soil Resistivity Characteristics under Meteorological Conditions in Haikou City", IEEE 5th International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Beijing.

Silva Busso, A. y Machado P. (2019), "Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos del Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina", *Boletín Geológico y Minero*, Madrid, 130 (4), 773-788

INGENIERÍA CIVIL



# Regeneración Integral de Barrio 708

## Viviendas, Concordia

### Comprehensive Regeneration of Neighborhood 708 Homes, Concordia

Presentación: 05/10/2023

#### **María Emilia Medina.**

Grupo GIICMA, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina  
memiliamedina@gmail.com

#### **Alejandra Bruno.**

Grupo GIICMA, Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina  
arq.alebruno@gmail.com

#### **Leal, Nicolás**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina

#### **Olivera, Rocío**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina

#### **González, Rocío**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina

#### **Mellone, José.**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina

#### **Resumen**

El Barrio 708 Viviendas, comúnmente conocido como “La Bianca”, se localiza en la ciudad de Concordia, Entre Ríos. Está formado por varios grupos de vivienda muy populosos, que fueron construidos en la década del ´70 a raíz de la construcción de la Represa Hidroeléctrica de Salto Grande, con la finalidad de albergar a los obreros y sus familias, ya que esta gran obra, hizo crecer en forma muy importante a la población de esta ciudad durante aquellos años.

Las intervenciones urbanas en barrios de cierta antigüedad y estado de deterioro se ven dificultadas por razones de tipo económico y social. Este se ve aún más dificultado cuando en muchos casos los habitantes de esos barrios no son propietarios, sino que son rentistas.

El estado general que se observa es de mucho deterioro, especialmente en los espacios comunes, especialmente por falta de mantenimiento y envejecimiento normal de las obras construidas.

Con este proyecto de investigación, se pretende generar lineamientos de trabajo que permitan realizar acciones orientadas a garantizar y mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio, y la calidad urbana tan deteriorada por el paso del tiempo y la falta de intervención en este sitio.

**Palabras clave:** Vivienda, barrio popular, regeneración habitacional, patrimonio, deterioro

## Abstract

The 708 Homes Neighborhood, commonly known as “La Bianca”, is located in the city of Concordia, Entre Ríos. It is made up of several very populous housing groups, which were built in the 1970s during the construction of the Salto Grande Hydroelectric Dam, with the purpose of housing workers and their families. The population of the city grew significantly during those years. Urban interventions in neighborhoods of a certain age and state of deterioration are difficult for economic and social reasons. This is even more problematic because many people living in these neighborhoods rent apartments there. Due to lack of maintenance and normal aging of buildings, great deterioration is observed, particularly in common spaces.

The aim of this research project is to provide work guidelines and strategies in order to guarantee and improve the quality of life of the inhabitants of this neighborhood, and at the same time, improve the urban quality of this site.

**Keywords:** Housing, popular neighborhood, housing regeneration, heritage, deterioration

## Introducción

El Barrio “La Bianca”, 708 viviendas, está formado por varios grupos de vivienda muy populosos, que fueron construidos en la década del ´70 a raíz de la construcción de la Represa Hidroeléctrica de Salto Grande, con la finalidad de albergar a los obreros y sus familias, ya que esta gran obra, hizo crecer en forma muy importante a la población de esta ciudad durante aquellos años. En la Figura 1 puede verse la localización del barrio en la ciudad de Concordia.

El barrio está formado por 10 amplias manzanas, y los grupos de vivienda que lo integran son los siguientes:

- Barrio 272 viviendas
- Barrio Mercantil
- Barrio Dos Naciones
- Barrio CTM
- Barrio 708 viviendas

El trabajo de investigación se desarrolla en el Barrio 708 viviendas. Este es el más numeroso tanto en edificios, grupos habitacionales y población, además de contar con muchos problemas urbanos, debido a la invasión de construcción no declarada y sobre espacios comunes, lo cual hace que se haya producido un profundo deterioro del espacio urbano, la calidad de vida, y la falta de seguridad.

Por otro lado, la falta de mantenimiento de los edificios ha ocasionada un profundo deterioro en los mismos, observándose problemas estructurales, de humedad, corrosión en metales, etc.

Las intervenciones urbanas en barrios de cierta antigüedad y estado de deterioro se ven dificultadas por razones de tipo económico y social. Este se ve aún más dificultado cuando en muchos casos los habitantes de esos barrios no son propietarios, sino que son rentistas.

El estado general que se observa es de mucho deterioro, especialmente en los espacios comunes, especialmente por falta de mantenimiento y envejecimiento normal de las obras construidas.

Se parte del concepto de arquitectura sostenible, mediante la evaluación y posterior intervención urbana y el estudio de los tipos de edificaciones y estructuras existentes.

Se hace hincapié en la puesta en valor de la ciudad y sus barrios, y su recuperación, con el fin de lograr mayor eficiencia, sostenibilidad e integración social.

Se destaca la importancia de abordar el barrio y sus edificios, de manera de ofrecer alternativas viables para su rehabilitación y regeneración urbana, de manera de lograr mejora en la calidad de vida de los habitantes.

## Desarrollo

En la primera fase del trabajo se abordó la tarea de caracterización de los edificios, los entornos urbanos, y la población, mediante un trabajo de campo para obtener datos cuantitativos y cualitativos.

Se partió relevamiento del estado general, para ir categorizando los sectores a intervenir.

Se realizaron muestreos con encuestas a los vecinos del barrio 708 viviendas. Toda esta primera fase, fue de amplia labor documental.

El volcado de información se realizó mediante la confección de fichas, y elaboración de planos, de manera de cuantificar y determinar cuáles son los principales problemas que se presentan.

En la segunda fase, se realizará un diagnóstico y el planteamiento de las líneas de intervención, derivando posteriormente en propuestas concretas a nivel de anteproyectos, formas de gestión y de financiación.

Se desarrollan las siguientes fases, para abordar toda la problemática del Barrio 708 viviendas:

1. **Análisis documental:** Historia del barrio, arquitecto, planos antiguos originales, normativa urbanística de aplicación, proyectos de rehabilitación anteriores. Datos socioeconómicos del barrio: población, edades, renta y todo otro dato que pueda ser de interés. En la Figura 3 se observa un sector del barrio en la década de 1970, en su reciente construcción.
2. **Relevamiento:** Planos en AutoCAD de edificios y espacios públicos. Emplazamiento y ubicación. Plantas, alzados y secciones. En la figura 4, se puede observar un plano de unidades funcionales de 2 y 3 dormitorios, tales unidades integran los bloques de departamentos del conjunto habitacional.
3. **Toma de datos in situ:** Inspección que permita definir todo, espacios públicos y edificios y comprobar los planos originales. Definición constructiva, estado de conservación, lesiones o patologías mediante uso de dibujos y fotografías. Los datos a procesar se cargan con la información obtenida in situ, fue documentada en fichas.
4. **Procesamiento de información** obtenida y propuesta de mejora ambiental y estructural.

## UBICACIÓN

El barrio 708 viviendas se ubica en la entrada del barrio La Bianca, al norte del casco urbano de la ciudad de Concordia, a 5 km del centro de esta y a escasos 700 metros del Río Uruguay. (Figura 1)

Este populoso barrio se encuentra rodeado por:

- Barrio Tavella Norte y Salto Chico, al sur
- Barrio Golf Club, al oeste
- Barrio Pampa Soler, al norte
- Río Uruguay, al este.

A su vez, en La Bianca las viviendas se agrupan formando distintos barrios, por lo que esta se comporta como otra “ciudad”. Estos son:

- Barrio 272 viviendas
- Barrio Mercantil
- Barrio dos Naciones
- Barrio CTM
- Barrio 08 Viviendas

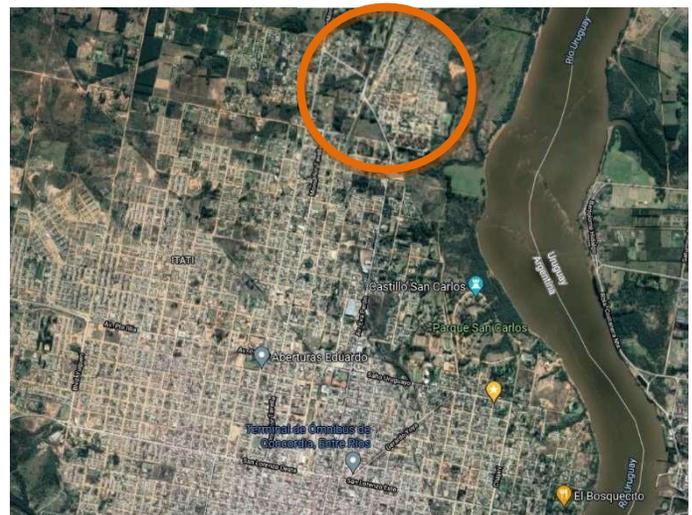


Figura 1. Localización del barrio en la ciudad de Concordia



Figura 2. Barrio 708 viviendas



Figura 3. Barrio 708 viviendas en sus inicios

Los objetivos planteados para este trabajo fueron:

#### OBJETIVO GENERAL

- Realizar un diagnóstico del estado general del Barrio 708 viviendas situado en la ciudad de Concordia, Entre Ríos, para su posterior puesta en Valor

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer en profundidad el problema que ha ocasionado los deterioros
- Describir las patologías que se han producido en los edificios
- Proponer soluciones atendibles a cada una de ella
- Realizar propuesta de mejoramiento urbano y ambiental
- Realizar propuesta de soluciones técnicas a los problemas de los edificios

#### Relación del barrio con la ciudad

El barrio se encuentra directamente conectado con el centro de la ciudad hacia el sur mediante una de sus principales avenidas, la Av. Eva Perón, de tal forma que esta y su transformación en calle Urquiza forman una línea recta en dirección norte-sur que une el barrio y la plaza principal de la ciudad (Figura 4).

Hacia el noroeste, se conecta con la avenida Mons Rosch, de gran longitud y tráfico vehicular, mediante la av. Independencia. La av. Eva Perón e Independencia se empalman formando la Plazoleta Evita, clásica entrada sur del barrio.

Los vehículos que ingresan a la ciudad de Concordia por su acceso norte y circulan por Av. Mons. Rosch, se dirigen al centro mediante av. Tavella o Av. independencia y posterior av. Eva Perón, por lo que el barrio no solo tiene directa conexión con el centro de la ciudad sino también con su extensión hacia el norte (Figura 5).

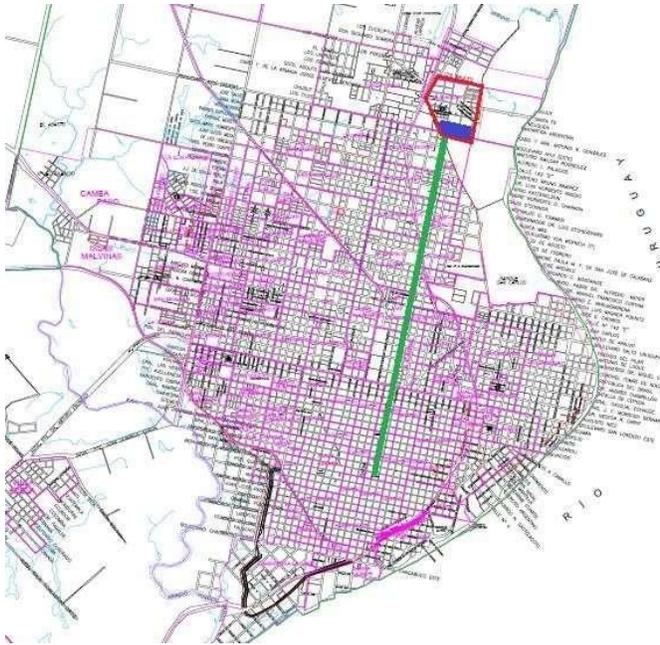


Figura 4. Barrio La Bianca (rojo), Barrio 708 viviendas (azul), Av. Eva Perón y calle Urquiza (verde)



Figura 5. Barrio La Bianca (rojo), Barrio 708 viviendas (azul), Av. Independencia (verde), Av. Mons. Rosch (amarillo)

La unión directa del barrio con el norte de la ciudad tiene un trasfondo histórico, ya que en sus comienzos La Bianca fue habitada por los obreros que trabajaban en la construcción de la Represa Hidroeléctrica de Salto Grande, así como sus familias. A dicha obra se llega mediante la RN 015, la que se empalma con la Av. Mons. Rosch y sigue su camino al barrio como se explicó anteriormente.

### **PLANIMETRÍA**

Las 708 viviendas se encuentran conglomeradas formando “sectores”: edificios de planta baja y 3 pisos con terraza transitable. Estos sectores, 14 en total, se distribuyen en un total de 3 manzanas o bloques. Si bien el término “sector” es utilizado en la nomenclatura del barrio, en el presente trabajo nos referiremos a estos como “agrupación”, en alusión a las distintas formas en que se acoplan los departamentos. (Figura 6)

De esta manera, podemos decir que el barrio consta de:

- 3 manzanas: manzana A, B y C.
- 14 agrupaciones, clasificadas en 4 tipos: agrupación I, II, III, IV.



Figura 6. Planimetría general con ubicación en manzanas

La forma general de las agrupaciones se asemeja a una “U” casi cerrada, por cuya parte cóncava se accede a la misma y cuyo sector central sirve de distribuidor para los distintos departamentos, contando con escaleras, rampas y zona parqueada.

### Unidades Funcionales

Las agrupaciones del barrio son, en términos prácticos, rompecabezas, donde a cada pieza (departamento) las denominaremos como “Unidad Funcional” (U.F.). Estas últimas se presentan en dos formatos, de acuerdo a la forma que adoptan sus muros perimetrales:

Formato “pez”: un cuadrado mayor (cuerpo) de cuyas aristas parten dos cuadrados menores (cola), compartiendo estos el vértice en común de las aristas (Figura 7).

Formato “Tanque de guerra”: un rectángulo del cual parte un cuadrado más pequeño, ubicado a la mitad de su arista más larga. (Figura 8).

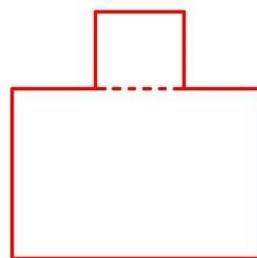


Figura 7. Tanque de guerra

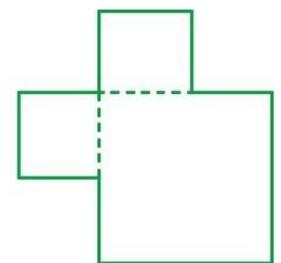


Figura 8. Formato “Pez”

A su vez, a cada formato de U.F. le corresponden diferentes “tipologías” de acuerdo a la forma en que se organizan los locales en su interior. Teniendo en cuenta esto último, obtenemos un total de 6 tipos de U.F., 3 en formato “pez” y 3 en formato “tanque de guerra” (Figura 9), cuya nomenclatura a lo largo del siguiente trabajo será la siguiente:

- U.F. Tipo A (Formato “Tanque de guerra”)
- U.F. Tipo B (Formato “Pez”)
- U.F. Tipo C (Formato “Tanque de guerra”)
- U.F. Tipo D (Formato “Pez”)
- U.F. Tipo E (Formato “Tanque de guerra”)
- U.F. Tipo F (Formato “Pez”)

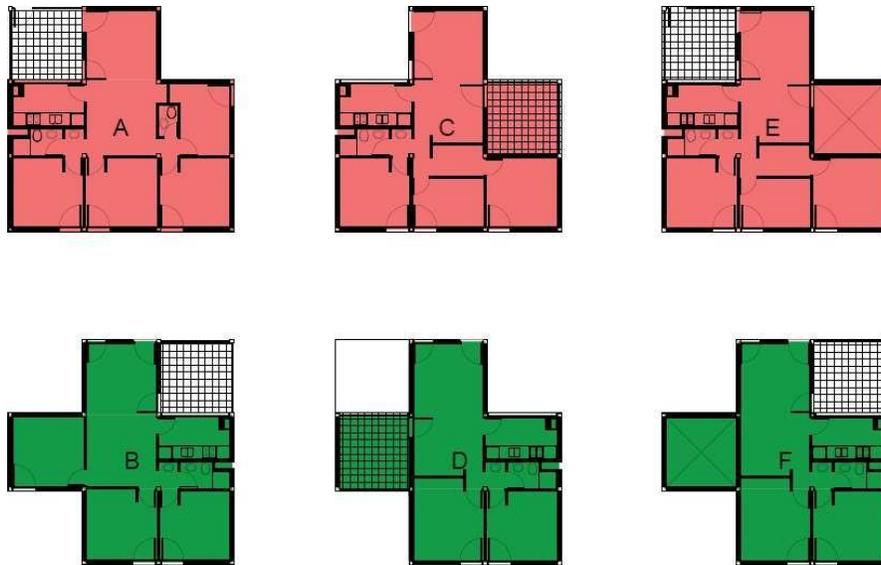


Figura 9. Tipos de Unidades Funcionales

Entre un tipo de U.F. y otra no solo varía la organización de los locales sino también su superficie, incluso dentro de un mismo formato. Así, la U.F. Tipo A tiene una superficie edificada mayor que las tipo C y E, y estas dos últimas comparten la cantidad de locales y sus superficies, pero no su disposición. El análisis es análogo para las U.F. tipo B, D y F, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Superficies de UNIDADES FUNCIONALES

Tipología	Local	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Superficie total [m <sup>2</sup> ]
U.F. Tipo A	Estar-Comedor	20.6	81.5
	Cocina-Lavadero	6	
	Baño c/antebañó	3.6	
	Toilet	1.21	
	Patio	9.93	
	Pasillos	3.32	
	Dormitorio 1	9.73	
	Dormitorio 2	9.88	
	Dormitorio 3	9.73	
	Dormitorio 4	7.52	
U.F. Tipo C y E	Estar-Comedor	18.3	70.1
	Cocina-Lavadero	6	
	Baño c/antebañó	3.6	
	Toilet	1.21	
	Balcón	9.93	
	Pasillos	4.61	
	Dormitorio 1	9.73	
	Dormitorio 2	7	
	Dormitorio 3	9.73	
	Estar-Comedor	20.2	

<b>U.F. Tipo B</b>	Cocina-Lavadero	6	69.1
	Baño c/antebañó	3.6	
	Patio	9.93	
	Dormitorio 1	9.88	
	Dormitorio 2	9.73	
	Dormitorio 3	9.73	
<b>U.F. Tipo D Y F</b>	Estar-Comedor	20.2	61
	Cocina-Lavadero	6	
	Baño c/antebañó	3.6	
	Balcón	9.93	
	Dormitorio 1	11.53	
	Dormitorio 2	9.73	

### **AGRUPAMIENTOS DE MODULOS**

Como se mencionó anteriormente, los agrupamientos adoptan conceptualmente una forma de “U”. La circulación es la misma en los cuatro tipos: los inquilinos ingresan por la parte abierta o cóncava de la U, se desarrolla una circulación horizontal hasta la columna de escaleras correspondiente y, partir de aquí, la circulación es vertical hasta llegar a la U.F. de un determinado piso. En todas las agrupaciones, la parte convexa de estas presenta la faltante de una U.F. en planta baja, la que constituye un segundo ingreso/salida a las mismas (Figura 10).

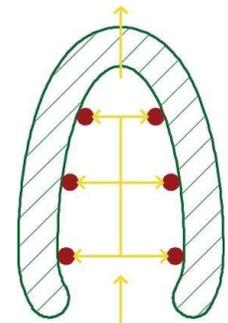


Figura 10 – Agrupamiento

Las U.F., en sus diferentes tipologías, se acoplan dando lugar a las 4 clases de agrupaciones mencionadas (Figura 9). Sin embargo, a pesar de acoplarlas de maneras distintas, todas las agrupaciones están conformadas por los mismos tipos de U.F. en una determinada planta:

- Planta baja: U.F. tipo A y B
- Primer nivel: U.F. tipo C y D
- Segundo nivel: U.F. tipo E y F
- Tercer nivel: U.F. tipo C y D

Las U.F. de los diferentes niveles están dispuestas de manera que cada concentración vertical de estas sea del mismo formato. Con estas distribuciones tanto en planta como en alzada se logra no solo una variada propuesta de viviendas sino un diseño modular, típico en edificios de esta clase. (Figura 11)

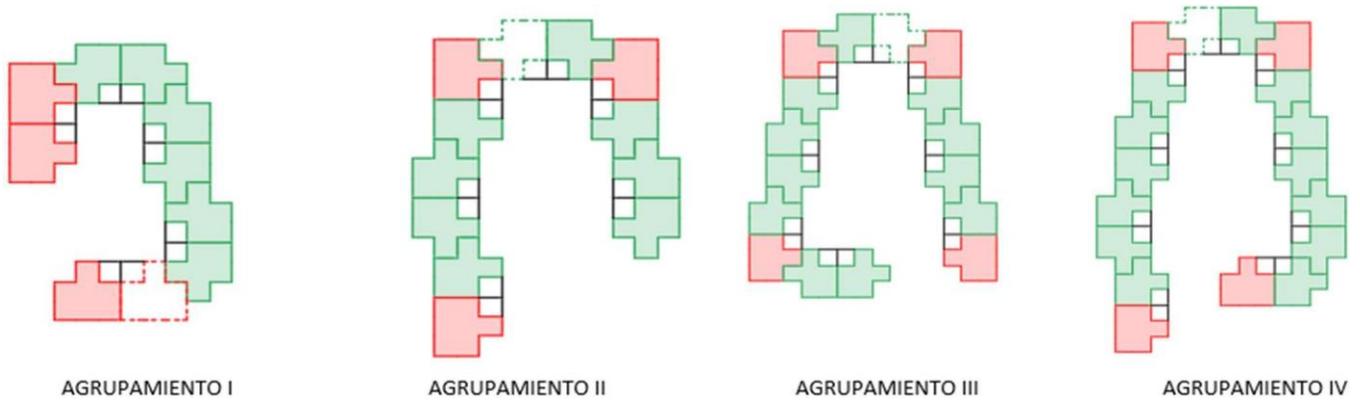


Figura 11. Tipos de agrupamientos

### TIPOLOGÍAS DE DEPARTAMENTOS

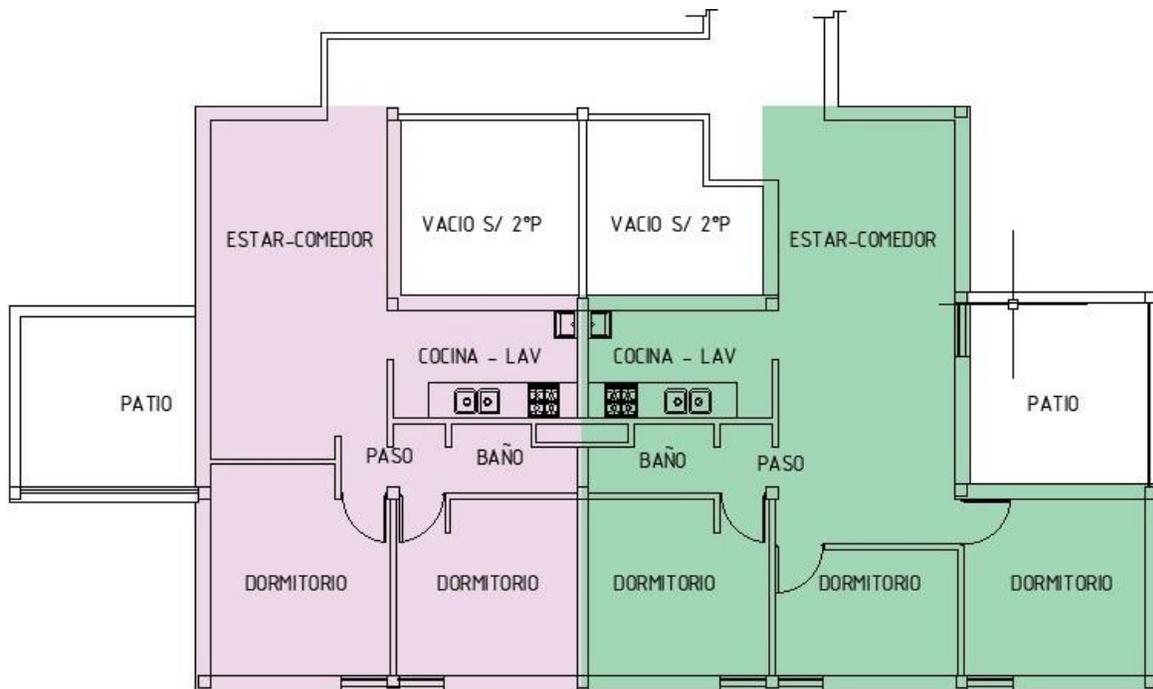


Figura 12. Plantas de UF

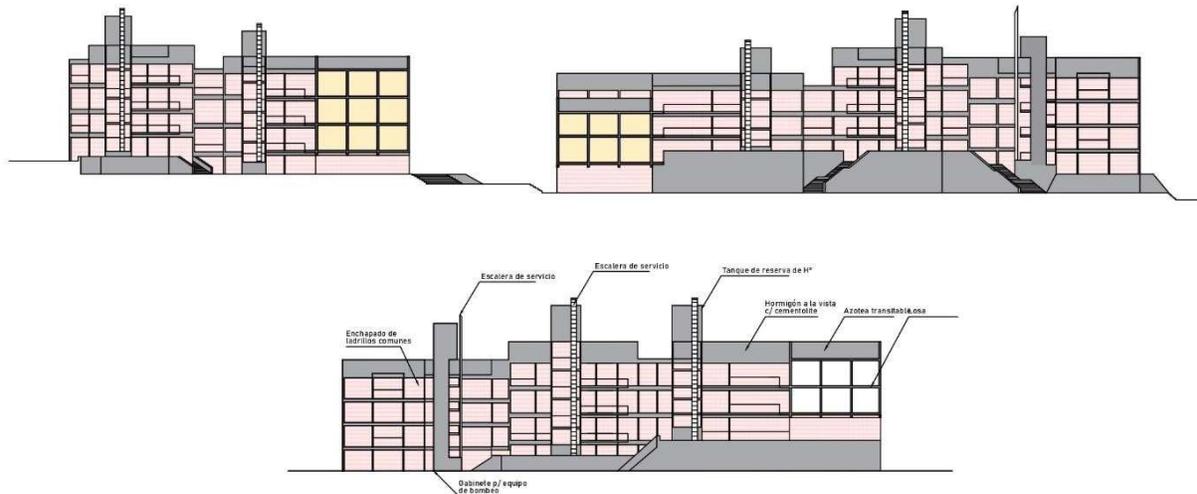


Figura 13. Cortes del conjunto

## **ALTERACIONES Y PATOLOGÍAS**

Para comprender el estado actual del barrio se tornó fundamental la recopilación de antecedentes, analizando en base a estos todos los cambios producidos, ya sea por la inclemencia de los agentes atmosféricos o por alteraciones voluntarias sobre la edificación. El mayor aporte consistió en los planos originales del barrio: plantas y cortes generales de los bloques y particulares de todos los departamentos, así como detalles constructivos, detallando los materiales utilizados.

Un flujo menor, pero no menos importante, de información se dio con las fotografías tomadas en aquella época y artículos periodísticos. Por último, haciendo uso de imágenes satelitales, se compararon tomas de años anteriores y actuales para cuantificar las construcciones no declaradas sobre el terreno y en pisos altos. Mediante un análisis ocular in situ se analizaron diversas patologías en los materiales (producidas en gran medida por el paso del tiempo y la falta de mantenimiento), irregularidades en las edificaciones (alteración de estructuras y construcción no declarada) y roturas en elementos de la traza urbana (cordones cuneta y vereda). Analizando la información in situ, y comparándola con la concepción original del barrio, se procesó la misma en fichas de estado de condición, las cuales resumen de manera individual los distintos siniestros existentes en el barrio, y sobre las cuales se realizará un análisis en conjunto.

## **ANÁLISIS GENERAL**

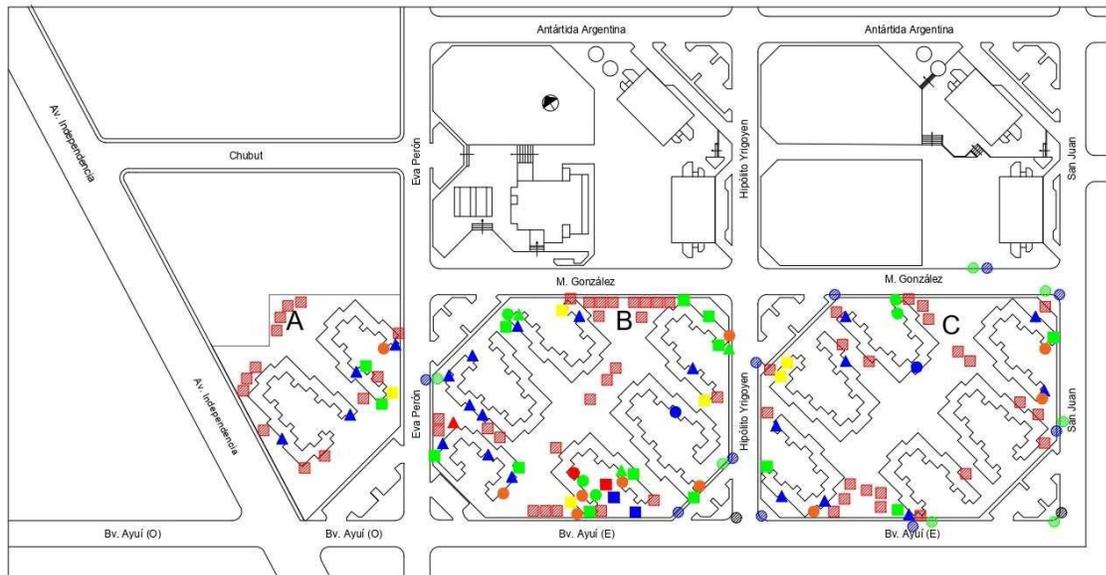
Para organizar y lograr un desarrollo completo de las patologías, se divide su estudio en los siguientes grupos, de acuerdo a su ubicación dentro del barrio:

- Patologías en la traza urbana
- Patologías en los edificios
- Patologías en los espacios comunes

A fin de ser lo más claros posibles, se detallan los espacios que se incluyen dentro de cada grupo:

- Traza urbana: calles, veredas y todos los espacios fuera de la línea municipal, a nivel de suelo.
- Edificios: conjunto de departamentos, sus pasillos, balcones y azoteas.
- Espacios comunes: jardines internos de cada sector, espacios entre sectores de una misma manzana, y espacios entre un sector y la vereda.

## MAPA DE PATOLOGÍAS



	TRAZA URBANA	EDIFICIOS	ESPACIOS COMUNES
REFERENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rotura de calles</li> <li>● Rotura de cordón cuneta</li> <li>● Rotura de veredas</li> <li>● Acumulación de agua en cordón cuneta</li> </ul>	<p><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Rotura de cerámicas</li> <li>● Rotura (falla) de estructuras de H<sup>+</sup>A*</li> <li>● Carbonatación del H<sup>+</sup> y corrosión de armaduras</li> <li>● Humedad/ moel/ salitre</li> <li>● Corrosión de barandas</li> </ul> <p><b>INSTALACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Desagües pluviales obstruidos</li> <li>● Bocas de desagüe sin tapa o rejilla</li> <li>● Colocación no autorizada de cañerías</li> <li>● Colocación no autorizada de conductos de ventilación</li> </ul> <p><b>ARQUITECTURA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Pérdida de espacios para ventilación</li> <li>▲ Alteración de la edificación</li> <li>▲ Rotura voluntaria de estructuras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ocupación de espacios comunes en planta baja</li> </ul>

De estos tres grupos, el más desarrollado a nivel particular fue el de edificios, debido al gran número de irregularidades presentes en cada departamento de manera aislada, y en cada sector en general. Esto último se debe a la falta de un consorcio y una inspección por parte de las autoridades, haciendo que cada usuario realice los cambios que cree convenientes en su vivienda, sin un estudio técnico previo ni teniendo en cuenta las consecuencias que pueda traer a sus vecinos inmediatos y/o a todo el sector.

Si bien el estudio de las patologías se basó principalmente en lo analizado in situ, lo cierto es que un gran número de irregularidades se pudieron descubrir gracias al dialogo con los habitantes del barrio y las encuestas realizadas, donde cada persona expresaba puntualmente los problemas diarios del barrio, tales como los relativos a desagües pluviales y cloacales, falta iluminación, desgaste en los tanques de agua, etc.

Una vez realizado un relevamiento del estado de condición del barrio, se concluyó que mayoría de las anomalías constructivas tienen su origen en alguno de los siguientes factores:

- Falta de mantenimiento y control de las construcciones e infraestructura.
- Exposición de las estructuras a agentes atmosféricos
- Alteración de los edificios y espacios comunes respecto de su diseño original.

Del análisis general también se concluye que, si bien hay sectores de departamentos que presentan un mantenimiento mayor al promedio, debido en gran medida a la acción conjunta de sus habitantes, el deterioro del barrio, en los 3 grupos planteados, es generalizado y no se da de manera localizada en algún sector o manzana. Hay

salvedades a esta última afirmación, ya que algunos de las problemáticas relevadas seguían, a priori, un patrón de distribución espacial. Sin embargo, esto último se debe, no al accionar de los habitantes o un deterioro más avanzado de los materiales, sino a factores netamente físicos y atmosféricos.

Algunas de estas patologías son:

- Humedad y moho en mamposterías: especialmente en superficies orientadas al sur (Figura 14)
- Fisuras y grietas en estructuras de H° A° (Figura 15)
- Pérdida del recubrimiento de las armaduras (Figura 16)
- Deficiencias en el escurrimiento pluvial en calles (Figura 17)
- Acumulación de basura en desagües (Figura 17)
- Desprendimiento de revoques en cielorrasos y paredes (Figura 18)
- Levantamiento / hundimiento de pisos (Figura 19)
- Desagües cloacales inadecuados instalados por el exterior (Figura 20 – 21)
- Desprendimiento de mamposterías por deficiencia en desagües pluviales (Figura 22)
- Construcciones clandestinas en espacios públicos y terrazas (Figura 23)
- Oxidación en elementos metálicos



Figura 14.



Figura 15.



Figura 16.



Figura 17.



Figura 18.



Figura 19.



Figura 20.



Figura 21.



Figura 22.



Figura 23.

El procedimiento técnico para relevar las problemáticas edilicias consistió en fotografiar las anomalías detectadas, registrar su ubicación (calle, manzana, sector, nivel y departamento), detallar en qué consistían y las consecuencias inmediatas que se podían deducir, como así también aclarar si su existencia era voluntaria o no, en caso de ser una clara modificación de la edificación y/o su entorno por parte de los usuarios.

Toda esta información se volcó en fichas de “Relevamiento De Estado De Condición” cuyo análisis en conjunto, clasificando y ordenando las patologías, permitió comprender de manera global no solo la totalidad de las patologías sino su distribución dentro del barrio, evidenciando qué zonas de este presentan mayor deterioro en un ítem específico, tales como materiales, infraestructura, o construcción no declarada. Figuras 24 – 25- 26 -27)

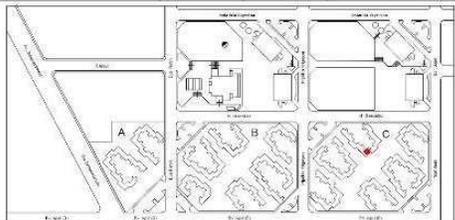
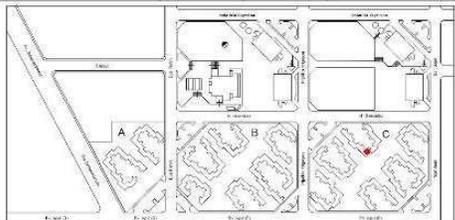
REGENERACIÓN INTEGRAL DEL BARRIO 708 VIVIENDAS La Blanca – Concordia – Entre Ríos			
RELEVAMIENTO DE ESTADO DE CONDICIÓN			
FICHA N°	<b>3</b>	PROYECTO: Bruno, Alejandra Gonzalez, Rocio Leal, Nicolás Mellone, Jose Olivera, Rocio	
FECHA:	25/10/2022		
Calle/lugar: M. González		Archivo digital: Ficha Patologías N°3	
Manzana: C	Sector: III	Planta: 1	Departamento: -
UBICACIÓN			
			
DETERIOROS/IRREGULARIDADES	Descripción	Imagen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimiento del hormigón en columna de pasillo en planta baja.</li> <li>Corrosión de la armadura.</li> </ul>		
INTERVENCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación del soporte. Eliminación de superficies sueltas.</li> <li>Limpeza del óxido de las armaduras con cepillo de acero.</li> <li>Pasivar y reparar las superficies (por ejemplo con Webertec Hormiprotec Plus)</li> </ul>		
	Autor foto: BRUNO, A.      Autor ficha: LEAL, N.		

Figura 24.

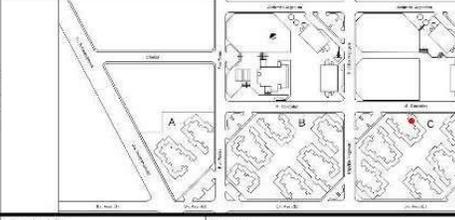
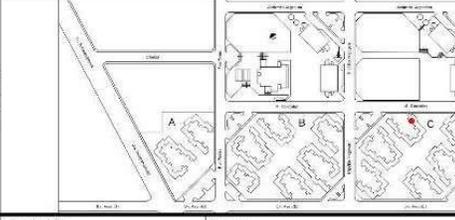
REGENERACIÓN INTEGRAL DEL BARRIO 708 VIVIENDAS La Blanca – Concordia – Entre Ríos			
RELEVAMIENTO DE ESTADO DE CONDICIÓN			
FICHA N°	<b>4</b>	PROYECTO: Bruno, Alejandra Gonzalez, Rocio Leal, Nicolás Mellone, Jose Olivera, Rocio	
FECHA:	25/10/2022		
Calle/lugar: M. González		Archivo digital: Ficha Patologías N°4	
Manzana: C	Sector: III	Planta: 2	Departamento: -
UBICACIÓN			
			
DETERIOROS/IRREGULARIDADES	Descripción	Imagen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimiento del hormigón en vigas de planta baja.</li> <li>Corrosión de la armadura.</li> <li>Reducción notable de la sección neta de hormigón.</li> </ul>		
INTERVENCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación del soporte. Eliminación de superficies sueltas.</li> <li>Limpeza del óxido de las armaduras con cepillo de acero.</li> <li>Pasivar y reparar las superficies (por ejemplo con Webertec Hormiprotec Plus)</li> </ul>		
	Autor foto: BRUNO, A.      Autor ficha: LEAL, N.		

Figura 25.

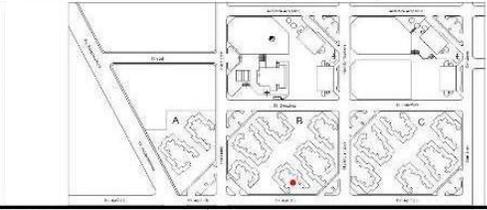
REGENERACIÓN INTEGRAL DEL BARRIO 708 VIVIENDAS La Blanca - Concordia - Entre Ríos			
RELEVAMIENTO DE ESTADO DE CONDICIÓN			
FICHA N°	<b>6</b>	PROYECTO: Bruno, Alejandra Gonzalez, Rocio Leal, Nicolás Mellone, Jose Olivera, Rocio	
FECHA:	25/10/2022		
Calle/lugar: Blvd. Ayui		Archivo digital: Ficha Patologías N°6	
Manzana: B	Sector: VI	Planta: B	Departamento: -
UBICACIÓN			
DETERIOROS/IRREGULARIDADES	Descripción	Imagen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desagües pluviales obstruidos, dañados y sin rejilla o tapa.</li> </ul>		
INTERVENCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desobstrucción de las cañerías.</li> <li>Arreglo o reconstrucción de bocas de desagüe.</li> <li>Reposición de tapas y/o rejillas.</li> </ul>		
	<small>Autor foto: BRUNO, A.      Autor ficha: LEAL, N.</small>		

Figura 26.

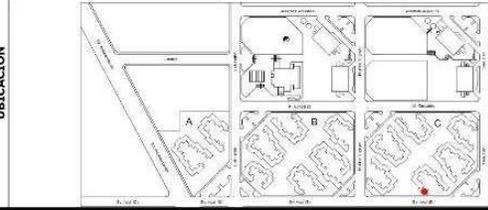
REGENERACIÓN INTEGRAL DEL BARRIO 708 VIVIENDAS La Blanca - Concordia - Entre Ríos			
RELEVAMIENTO DE ESTADO DE CONDICIÓN			
FICHA N°	<b>11</b>	PROYECTO: Bruno, Alejandra Gonzalez, Rocio Leal, Nicolás Mellone, Jose Olivera, Rocio	
FECHA:	25/10/2022		
Calle/lugar: Blvd. Ayui		Archivo digital: Ficha Patologías N°11	
Manzana: C	Sector: VI	Planta: B	Departamento: -
UBICACIÓN			
DETERIOROS/IRREGULARIDADES	Descripción	Imagen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución de construcción no declarada en balcón (churrasquera).</li> <li>Ejecución de construcción no declarada sobre suelo.</li> <li>Contaminación del aire a inquilinos en pisos superiores.</li> </ul>		
INTERVENCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desobstrucción de las cañerías.</li> <li>Arreglo o reconstrucción de bocas de desagüe.</li> <li>Reposición de tapas y/o rejillas.</li> </ul>		
	<small>Autor foto: BRUNO, A.      Autor ficha: LEAL, N.</small>		

Figura 27.

## Conclusiones

Para comprender el estado actual del barrio se tornó fundamental la recopilación de antecedentes, analizando en base a estos todos los cambios producidos, ya sea por la inclemencia de los agentes atmosféricos o por alteraciones voluntarias sobre la edificación. El mayor aporte consistió en los planos originales del barrio: plantas y cortes generales de los bloques y particulares de todos los departamentos, así como detalles constructivos, detallando los materiales utilizados.

Un flujo menor, pero no menos importante, de información se dio con las fotografías tomadas en aquella época y artículos periodísticos.

Por último, haciendo uso de imágenes satelitales, se compararon tomas de años anteriores y actuales para cuantificar las construcciones no declaradas sobre el terreno y en pisos altos.

Mediante un análisis y relevamiento in situ se analizaron diversas patologías en los materiales (producidas en gran medida por el paso del tiempo y la falta de mantenimiento), irregularidades en las edificaciones (alteración de estructuras y construcción no declarada) y roturas en elementos de la traza urbana (cordones cuneta y vereda).

Analizando la información obtenida en el campo y comparándola con la concepción original del barrio, se procesó la misma en fichas de estado de condición, las cuales resumen de manera individual los distintos siniestros existentes en el barrio, y sobre las cuales se realizará un análisis en conjunto.

## Referencias

Universidad Tecnológica Nacional (2008), "Estudios previos a la puesta en valor del Edificio de la 'Aduana de Taylor" (Anexos Informativos a la documentación Licitatoria), Buenos Aires.

- Martínez, E. y Giles, B., (2005), "Patrimonio Urbano Arquitectónico". Ministerio de Educación de la Provincia de Salta.
- ZANNI, E. (2008). "Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura". Córdoba
- Fernández de Rota y Monter (coordinador). "Ciudad e historia: la temporalidad de un espacio construido y vivido". Universidad Nacional de Andalucía – Ediciones Akal S. A. 2008
- CFI, Colegio de Arquitectos de la Provincia de Entre Ríos (2001). Inventario del Patrimonio Histórico-Arquitectónico.
- González Montaner, B. [Ed.] (2012). Patrimonio Argentino. Industrias, Estaciones, Puentes y Mercados. Buenos Aires: Arte Gráfico Editorial Argentino. ISBN 978-987-07-2099-7
- González Montaner, B. [Ed.] (2012). Patrimonio Argentino. (2012). Palacios, Residencias y Petits Hotels. Buenos Aires: Arte Gráfico Editorial Argentino. ISBN 978-987-07-2090-4
- González Montaner, B. (2005). Vanguardias Argentinas - Obras y movimientos en el siglo XX – 01 Arquitectura 1900 a 1930. Buenos Aires: Arte Gráfico – AGEA. ISBN 950-782-677-7
- Gutiérrez, R [Ed.]. (2010). Patrimonio Arquitectónico Argentino (1810-2010). Tomo I y II. Buenos Aires: Secretaria de Cultura de la Nación
- Liernur, J., & Aliata, F. (2004). Diccionario de Arquitectura en la Argentina. Estilos, Obras, Biografías, Instituciones, Ciudades. . Buenos Aires: Agea.
- Medina, L.M [Ed.]. (1977). Recopilación Histórica de Concordia. Concordia: EME Ediciones.
- Municipalidad de Concordia. Digesto Histórico. (1918). Obtenido de: <https://www.concordia.gob.ar/digestohistorico/normativas/711/pdf>

# Controles de calidad de hormigones tipo en plantas productoras del sur de la Región Mesopotámica Argentina.

## Type concrete quality controls in production plants in the south of the Mesopotamian Region, Argentina.

Presentación: 05/10/2023

### **Fabián Andrés Avid**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Entre Ríos - Argentina.  
[academica@frcon.utn.edu.ar](mailto:academica@frcon.utn.edu.ar)

### **Alberto José Palacio**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Entre Ríos - Argentina  
[apalacio@frcon.utn.edu.ar](mailto:apalacio@frcon.utn.edu.ar)

### **Mariana Panozzo Zénere**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Entre Ríos - Argentina  
[marianapzenere94@gmail.com](mailto:marianapzenere94@gmail.com)

### **Schirley Natacha Cornaló**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Entre Ríos - Argentina  
[cornalo.schirley@gmail.com](mailto:cornalo.schirley@gmail.com)

## **Resumen**

En las provincias de Entre Ríos y Corrientes se radican diversas plantas de producción de hormigón las cuales, en general, son del tipo emergente como consecuencia del proceso de desarrollo productivo de la región. Por lo tanto, conocer la situación de sus laboratorios constituye una herramienta esencial para la implementación de controles confiables en la aceptación y rechazo del hormigón representando, además, un antecedente para el aseguramiento de la calidad y validación de la competencia de las empresas. Así mismo, debido a diversas exigencias, se requiere que los laboratorios de ensayo puedan demostrar la repetibilidad y confiabilidad de sus resultados. El objetivo de este trabajo consiste en comparar la metodología, resultados y conclusiones obtenidas en los ensayos interlaboratorios de compresión de probetas de hormigón con el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia. Se percibe de sumo interés observar la variabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos de control de calidad realizados, particularmente sobre los hormigones de mayor expendio en la zona, con el fin de introducir mejoras según las condiciones vigentes. Todo ello en función de la aplicabilidad de los diferentes reglamentos de control de calidad. Mediante este estudio se pudieron evaluar hormigones del tipo H20 y H30 elaborados por empresas ubicadas en las localidades de Concordia, Chajarí, Federación y Concepción del Uruguay. De esta manera se logró vincular el Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad con las

industrias productoras de la región, con el objeto de intercambiar saberes e incrementar la confiabilidad en los informes realizados por los proveedores y los laboratorios del control.

**Palabras clave:** Hormigón elaborado, Plantas productoras, Controles de calidad, Mesopotamia Argentina, IRAM 1666:2020

## Abstract

In the provinces of Entre Ríos and Corrientes there are several emerging concrete production plants which are the result of the productive development process of the region. Therefore, getting to know their laboratory work becomes an essential tool for implementing reliable controls in concrete acceptance and rejection. It is also necessary for quality assurance and validation of the companies' competence. Furthermore, testing laboratories are required to demonstrate the repeatability and reliability of their results. The objective of this work is to compare the methodology, results and conclusions of concrete compression tests carried out in these laboratories and in the laboratory of the Universidad Tecnológica Nacional. UTN, Facultad Regional Concordia.

Observing the different results in quality control tests, particularly those related to concrete sold in the area, is of utmost importance so as to make improvements according to different quality control regulations. During the study, types H20 and H30 concrete from companies in Concordia, Chajarí, Federación and Concepción del Uruguay were evaluated. In this way, the Concrete Technology Laboratory of UTN came into contact with the producing industries of the region, with the aim of exchanging knowledge and increasing the reliability of the reports made by suppliers and control laboratories.

**Keywords:** Concrete; Production plants; Quality controls; Mesopotamia Argentina; IRAM 1666:2020

## Introducción

El laboratorio perteneciente a la Facultad Regional Concordia de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRCon) ha participado en distintos estudios interlaboratorios junto al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (I.N.T.I.) y al Instituto de Cemento Portland (I.C.P.A.) con relación a cementos, bloques de hormigón y calidad de hormigones. Además, posee una extensa base de datos de control de calidad correspondientes a hormigones producidos en la región (Entre Ríos y Corrientes principalmente) así también en otras provincias cercanas. Siendo una entidad de referencia para la industria de la construcción, principalmente plantas de producción de hormigón y de generación de agregados para hormigón, e innumerables empresas constructoras. Es pionero en la investigación de la durabilidad de hormigones producidos con los agregados de la zona mesopotámica, así como en la caracterización de agregados. Debido a ello, se cuenta con datos fidedignos desde el año 1995, sobre hormigones de distintas calidades empleados en diversas obras.

En los últimos 30 años, se observa un incremento del consumo de hormigón, tanto a nivel provincial como nacional y un crecimiento acelerado de la industria del hormigón elaborado en la región Mesopotámica, marcado por la instalación de numerosas plantas de elaboración. Es por ello que se vuelve un objetivo primordial controlar estos hormigones, comprobando su calidad, durabilidad y bajo costo de mantenimiento.

Es sabido que los interlaboratorios son muy útiles para poder comparar los resultados obtenidos en un laboratorio dado con los de otros, midiendo ciertas magnitudes sobre una misma muestra. De esta manera, se tiene una evidencia objetiva del desempeño técnico del laboratorio, pudiendo identificar posibles causas de error en los

métodos, procesos o tratamiento de los datos, así como también evaluar los desvíos, lo que puede ser útil para la mejora continua de cada uno de los laboratorios participantes.

Diversas propiedades del estado fresco y endurecido del hormigón son utilizadas para evaluar la conformidad de su producción en planta y de su recepción en obra respecto de los parámetros especificados, pero en la práctica cotidiana la resistencia a compresión es generalmente la propiedad excluyente para aceptar o rechazar definitivamente el hormigón. Fundamentalmente, los códigos y reglamentos se basan en esta propiedad y, a lo largo del tiempo, las diversas propiedades se han relacionado con la resistencia a compresión como referencia del material. Otro factor importante es que el ensayo a compresión es un método sencillo y económico, por lo que se aplica no sólo para el diseño sino en los controles de obra. Es así que la resistencia potencial a compresión es un parámetro definitorio no sólo desde el punto de vista estructural, sino también para los términos contractuales de la comercialización del hormigón elaborado, de lo cual se infiere la relevancia de su correcto juzgamiento. Por ello, es importante considerar que numerosas condiciones inherentes a los materiales, y a los procesos productivo y de control de calidad pueden hacer que la resistencia que se desea juzgar, resulte en realidad más o menos alejada de la condición potencial (Gonzalez M, et al.,2012).

En Argentina y a nivel mundial, se aplican sistemas de calidad en donde se instrumentan interlaboratorios (INTI, 2019) para evaluar la resistencia a la compresión de hormigón mediante la aplicación de la Norma IRAM 1546 (IRAM, 2013), determinando si la mezcla suministrada cumple con los requerimientos de resistencia especificada ( $f_c$ ). Controlar y asegurar la calidad de los materiales componentes es indispensable para asegurar la calidad del hormigón elaborado, y en la práctica, es el primer aspecto a tener en cuenta cuando se detecta un desvío en la resistencia del hormigón. Sin embargo, esta revisión no siempre es suficiente, dado que la calidad del hormigón también es fuertemente afectada por otros factores como recursos humanos, equipamiento, condiciones operativas y ambientales en las que se desarrolla la producción. Es así que si tareas como el muestreo, moldeo de probetas, protección y curado, manipuleo, encabezado y ensayo de las mismas, son realizados de manera deficiente, se puede dar lugar resultados no conformes.

Respecto al tratamiento normativo, para el control de calidad se deben cumplir los requisitos contenidos en el CIRSOC 201-2005 (INTI-CIRSOC, 2013), en vigencia en Argentina desde el año 2013, que incluye criterios de conformidad novedosos, basados en la utilización conjunta de los controles de planta y los realizados a pie de obra. Así como también la norma IRAM 1666-2020 (IRAM, 2020) que complementa y contribuye al Reglamento brindando especificaciones para estructuras más seguras y racionales desde el punto de vista de producción, elaboración y economía. De ello se evidencia que toda empresa u obra en la que se quiera fabricar y despachar Hormigón Elaborado debe cumplir con la normativa vigente y el cliente tiene el derecho de exigirlo. Quien no cumpla con la norma IRAM 1666:2020, podrá despachar “alguna mezcla”, pero no hormigón elaborado desde el punto de vista normativo. Así mismo, quién no haga controles de materias primas, no tenga laboratorio para ensayos de hormigón fresco, no analice estadísticamente los resultados, no posea base de datos confiable no podrá despachar hormigón elaborado.

En el marco de este cambio de paradigma respecto a lo que se entiende por hormigón elaborado, se tienen en la región conocimientos insuficientes del estado actual de la producción del hormigón y el grado de aplicabilidad de esta norma. A raíz de esta situación, en este trabajo se desarrollaron interlaboratorios en conjunto con cinco empresas elaboradoras locales de Concordia, Federación y Chajarí, dada la cercanía y el permanente contacto con las mismas. En este artículo se presenta un resumen de organización, evaluación de los datos y las conclusiones obtenidas, a partir de los ensayos realizados. Se tiene por finalidad determinar si, para muestras obtenidas de un mismo hormigón, respetando los procedimientos de llenado y compactación, con iguales condiciones de curado, ensayadas el mismo día, y bajo las condiciones normalizadas de temperatura y humedad, la resistencia medida por

cada laboratorio utilizando diferentes probetas, es similar al obtenido por el laboratorio de la UTN FRCon. O si, en caso de ser diferentes, se mantiene una relación entre los valores de resistencia que se obtienen en los diferentes laboratorios.

## Desarrollo

En los interlaboratorios organizados, los hormigones estudiados son del tipo convencional, de consistencia plástica a fluida, de densidad normal y contextura compacta, con clases de resistencia comprendidas entre H20 y H30 según las define el mencionado reglamento CIRSOC 201-05 (INTI-CIRSOC, 2005). En principio, las plantas elaboradoras que participan en este trabajo producen hormigones de muy diversas características, de tipo convencional.

Cada una de las empresas proveedoras de hormigón confeccionó muestras cilíndricas provenientes de diversos pastones elaborados en sus respectivos laboratorios, a cargo del personal propio. Posteriormente, una vez desmoldadas, procedieron a trasladar la mitad de las muestras al laboratorio de la UTN FRConcordia para realizar el correspondiente curado y ensayo de las mismas. Los pastones fueron elaborados en hormigoneras fijas o camiones motohormigoneros dependiendo de las especificaciones particulares de cada planta elaboradora. A las cinco empresas intervinientes se les asignó una letra identificadora, con el fin de preservar la identidad.

Para realizar el análisis comparativo se adoptan las siguientes pautas para la evaluación de cada pastón:

- Se especificaron las características generales de la planta elaboradora como: tipología, marca, modelo, capacidad de mezclado, producción por hora, etc.
- Se indicaron la clase resistente del hormigón. Luego de descargar 0,25 m<sup>3</sup>, para minimizar fuentes de dispersión (IRAM 1541, 2020), se efectuaron los ensayos de caracterización en estado fresco. Se determinó: temperatura ambiente, temperatura del hormigón (IRAM 1893, 2018) y asentamiento (IRAM 1536, 1978). La homogeneidad del pastón se evaluó mediante la determinación de la densidad del hormigón fresco (IRAM 1562, 2012) y del contenido de aire (IRAM 1602-2, 1988), lo cual fue opcional.
- Se moldearon 12 probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura según norma IRAM 1534 (IRAM 2018) y se les asignó la identificación correspondiente.
- Durante las primeras 24±8 h se almacenaron en el mismo lugar, cubiertas con un film de polietileno, asegurado con una banda elástica con el fin de evitar la pérdida de humedad del hormigón. Luego las empresas las desmoldaron y dividieron en dos lotes de seis probetas.
- Dentro de las 48 horas posteriores al desmoldado, se procedió a embalar y trasladar uno de los lotes al Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la UTN Facultad Regional Concordia tomando las precauciones necesarias, para evitar la pérdida de humedad y los golpes durante el traslado.
- Las probetas moldeadas, fueron curadas en cámara húmeda a 23°C, según la norma IRAM 1534 (IRAM 2018), representando la condición potencial del hormigón. Este curado se mantuvo hasta su ensayo a compresión a la edad de 7 y 28 días.
- Cumplida la fecha de ensayo, cada laboratorio interviniente realizó la verificación de la resistencia a compresión, según lo estipulado en la norma IRAM 1546 (IRAM, 2013), con el encabezado normalizado IRAM 1709 (IRAM, 2016) e indicando las características de la probeta, altura, determinación de dos diámetros y el promedio, peso, edad de rotura, carga última, resistencia y observaciones.

- Se coordinaron los ensayos en los dos laboratorios para ser realizados en el mismo horario. Y, además, cada participante informó las características de la prensa utilizada y estado de constatación y/o verificación de la misma.

- Es importante aclarar que en todos los casos se cumplió con el criterio del Reglamento CIRSOC 201:2005 4.1.6.2 (INTI-CIRSOC, 2005), que establece que “Se debe adoptar como resultado de un ensayo ( $f'_{ci}$ ) al valor que se obtiene como promedio de las resistencias de, como mínimo, dos (2) probetas cilíndricas normales, moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad. Se debe cumplir que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo que constituye cada ensayo sea menor del 15 % de la resistencia media de las probetas que constituyen el grupo. Si dicho valor resultara mayor, se debe rechazar el ensayo correspondiente y se deben investigar los procedimientos de moldeo, curado y ensayo de las probetas, con el objeto de analizar si los mismos se están realizando en un todo de acuerdo con las normas.”

Si bien en todos los casos la secuencia del muestreo fue como mínimo la indicada por el reglamento, por diversas razones vinculadas con cada obra realizada por las empresas y al ser estas de distinto tipo, cada una con sus especificaciones particulares, no en todas ellas se realizaron todos los ensayos consignados para el estado fresco. A continuación, en la tabla N°1 se presentan las características en estado fresco de los pastones evaluados por las empresas. A su vez, cada laboratorio participante indicó el tipo de máquina e instrumentos utilizados para los ensayos, tipo de tratamiento de las bases de las probetas (mortero termoplástico de azufre o placas de elastómero no adheridas), características que presentaban, dimensiones, carga, resistencia obtenida y tipo de rotura.

Tabla 1. Características de los pastones evaluados.

Empresa	Tipo hormigón	Vol. pastón [m <sup>3</sup> ]	Vol. Muestreo [m <sup>3</sup> ]	Temp. [°C]	Asent. [cm]	PUV [kg/m <sup>3</sup> ]	Aire incorp. [%]	Aditivo
A	H30	4	0,50	18	8,5	2385	s/i	Si
B	H25	7	0,65	10	17	2349	1.8	Si
C	H25	5	0,60	21,7	7	2363	s/i	Si
D	H20	8	0,25	19	6	2355	3.1	s/i
E	H30	6	0,72	21,2	21	2349	s/i	Si

Tabla 2. Equipamiento y procedimientos de ensayo.

Empresa	Tipo Planta	Tipo de Curado	Temp. Curado [°C]	Hum. Curado [%]	Tipo Prensa	Tipo Encabezado
A	Móvil, cap. máx: 50 m <sup>3</sup> /h. Mezclado en mixer.	Pileta	25	100	Hidráulica manual	Neoprene - dureza shore 70
B	Fija, cap. máx: 60 m <sup>3</sup> /h. Mezclado en mixer.	Pileta	23,7	100	Hidráulica manual	Neoprene - dureza shore 70

C	Móvil, cap. máx: 60 m <sup>3</sup> /h. Mezclado en mixer.	Pileta	30	100	Hidráulica manual	Neoprene - dureza shore 70
D	Móvil, cap. máx: 70 m <sup>3</sup> /h. Mezclado en mixer.	Pileta	15	100	Hidráulica semiautomática	Neoprene - dureza shore 70
E	Móvil, cap. máx: 60 m <sup>3</sup> /h. Mezclado en mixer.	Pileta	17,5	100	Hidráulica manual	Neoprene - dureza shore 70

Con respecto al procedimiento de curado empleado por el laboratorio de la Facultad, todos los especímenes se curaron en cámara húmeda a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C y una humedad relativa superior a 95 %. Para la realización de los ensayos a compresión se empleó una prensa hidráulica de accionamiento automático y salida digital marca CONTROLS, con una capacidad de carga de 2000 kN y un error de  $\pm 0,2$  % para el rango de carga empleado. La velocidad de aplicación de carga fue de  $0,4 \pm 0,2$  MPa/s. El tipo de encabezado de las bases de las probetas fue mediante placas de elastómero con dureza shore 70, según norma IRAM 1709.

Para la medición de las dimensiones de las probetas, se empleó una regla metálica de 40 cm y fueron pesadas mediante balanza digital. Destacamos que la totalidad de las muestras fueron reportadas como satisfactorias en lo que respecta a su estado general. Cabe aclarar que no se solicitó la información sobre el tipo de verificación que realiza cada laboratorio sobre los cabezales de neoprene como así tampoco la verificación de los aros de retención.

A partir de los resultados que arrojaron los ensayos de las probetas de los pastones del tipo H25, en las Tablas 3 y 4 se presentan las comparativas entre los valores de resistencia obtenidos por los laboratorios de cada empresa y el de la UTN FRCon. También se indican las diferencias a las dos edades de ensayo, y los porcentajes de las diferencias entre extremos respecto del promedio de los resultados de tres probetas a cada edad.

Tabla 3: Resultados de interlaboratorios de pastones H25 para las empresas A y B.

Medición	7 días		28 días		7 días		28 días	
	Empresa A	UTN FRCon	Empresa A	UTN FRCon	Empresa B	UTN FRCon	Empresa B	UTN FRCon
Resist. Prom. [MPa]	19,5	27,4	28,6	33,4	32,9	27,7	42,0	30,6
Dif. Valores extremos [MPa]	0,5	1,9	2,3	2	0,9	1,1	2,0	2,3
% Respecto del prom. de las 3 med.	3%	7%	8%	6%	3%	4%	5%	8%
Máx. [MPa]	19,7	28,2	29,9	34,4	33,3	28,4	43,0	31,8
Mín. [MPa]	19,2	26,3	27,6	32,4	32,5	27,3	41,0	29,5
Diferencia [MPa]	-7,9		-4,8		5,1		11,4	

Tabla 4: Resultados de interlaboratorios de pastones H25 para las empresas C y D.

Medición	7 días		28 días		7 días		28 días	
	Empresa C	UTN FRCon	Empresa C	UTN FRCon	Empresa D	UTN FRCon	Empresa D	UTN FRCon
Resist. Prom. [MPa]	31,8	26,9	40,1	35,5	23,6	20,8	29,2	33,3
Dif. Valores extremos [MPa]	3,5	2,2	1,0	0,9	2,2	1,7	3,4	2,3
% Respecto del prom. de las 3 med.	11%	8%	2%	3%	9%	8%	12%	7%
Máx. [MPa]	33,5	28,0	40,8	35,9	24,7	21,7	30,5	34,8
Mín. [MPa]	30,0	25,9	39,8	35,0	22,5	20,0	27,1	32,5
Diferencia [MPa]	4,9		4,6		2,8		-4,1	

Tabla 5: Resultados de interlaboratorios de pastones H30 para las empresas A y B.

Medición	7 días		28 días		7 días		28 días	
	Empresa A	UTN FRCon	Empresa A	UTN FRCon	Empresa B	UTN FRCon	Empresa B	UTN FRCon
Resist. Prom. [MPa]	21,3	17,6	31,5	23,1	35,7	31,7	45,0	40,8
Dif. Valores extremos [MPa]	0,8	0,2	1,1	2,3	0,0	0,7	0,9	2,2
% Respecto del prom. de las 3 med.	4%	1%	3%	10%	0%	2%	2%	5%
Máx. [MPa]	21,7	17,7	32,0	23,9	35,8	31,9	45,6	42,2
Mín. [MPa]	20,9	17,5	31,0	21,6	35,7	31,2	44,7	40,0
Diferencia [MPa]	3,7		8,4		4,1		4,2	

Tabla 6: Resultados de interlaboratorios de pastones H30 para las empresas D y E.

Medición	7 días		28 días		7 días		28 días	
	Empresa D	UTN FRCon	Empresa D	UTN FRCon	Empresa E	UTN FRCon	Empresa E	UTN FRCon
Resist. Prom. [MPa]	32,0	26,2	45,9	35,4	26,8	25,2	40,0	41,2
Dif. Valores extremos [MPa]	1,0	1,6	2,7	4,4	0,7	2,1	3,6	1,5
% Respecto del prom. de las 3 med.	3%	6%	6%	12%	3%	8%	9%	4%
Máx. [MPa]	32,5	27,0	47,0	38,2	27,1	26,3	41,8	41,8
Mín. [MPa]	31,5	25,5	44,4	33,8	26,4	24,2	38,2	40,3
Diferencia [MPa]	5,7		10,5		1,5		-1,2	

En la Figuras 1 y 2 se presentan la comparativa de los resultados obtenidos para los pastones del tipo resistente H25 y H30 respectivamente.

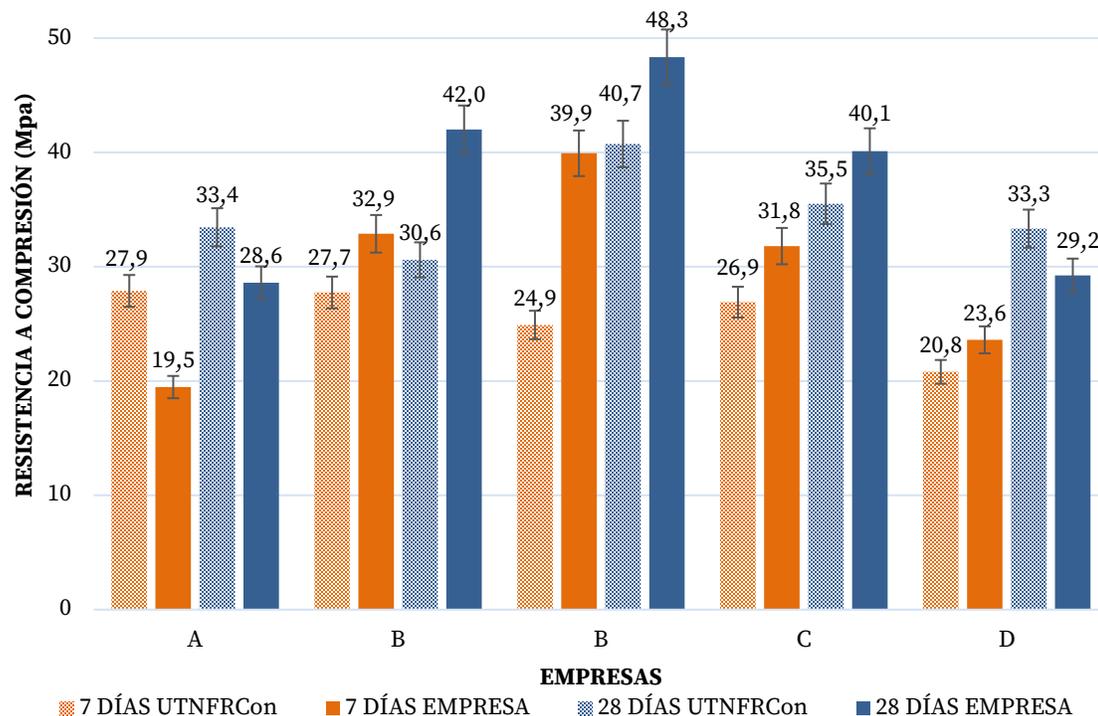


Figura 1. Resultados de ensayos interlaboratorios para pastones H25.

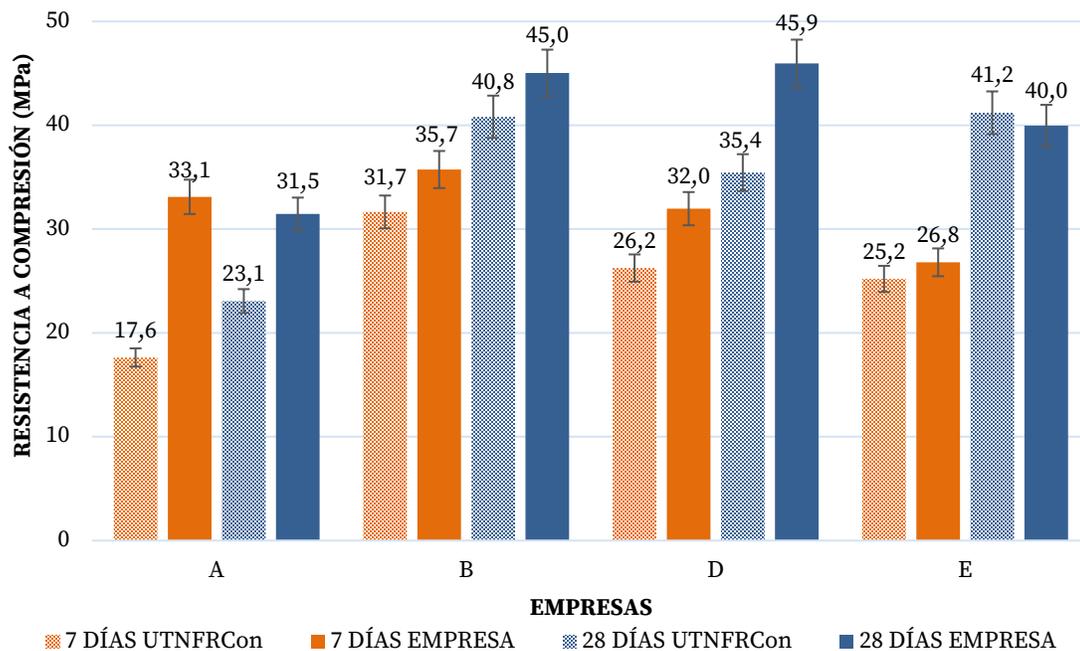


Figura 2. Resultados de ensayos interlaboratorios para pastones H30.

Los resultados mostraron que existe una diferencia entre los resultados obtenidos por las empresas y el laboratorio de la Facultad. Esta diferencia es variable para cada empresa y para cada tipo de hormigón. Es así que en el caso del hormigón de clase resistente H25 las diferencias entre las resistencias promedio a la edad de 7 días, varían entre 3 Mpa y 5 MPa, con un valor atípico de 7,9 Mpa para la empresa A. Mientras que, a la edad de 28 días, las diferencias varían entre 4 MPa y 5 MPa, teniendo un valor atípico de 11,4 MPa para la empresa B.

En lo que respecta a los pastones de categoría H30 las diferencias entre las resistencias a 7 días varían entre 1,5 MPa y 5,7 MPa. Mientras que para la edad de 28 días las diferencias se encuentran entre los 1,2 MPa y 10,5 MPa.

## Conclusiones

En función de los valores determinados en los ensayos de resistencia a la compresión de probetas, se concluye que todos los participantes en todos los ensayos obtuvieron resultados aceptables en lo que respecta a su resistencia de diseño para la edad de 28 días.

A partir del análisis comparativo de los resultados obtenidos por las empresas elaboradoras y el laboratorio de la UTN FRCon se concluye que, con excepción de la empresa A, los participantes obtuvieron resultados sensiblemente inferiores a los determinados por el laboratorio de la Facultad. Además, para las empresas que realizaron los dos interlaboratorios se pudo observar un incremento en las diferencias entre los resultados obtenidos por los dos laboratorios, al incrementar la categoría resistente.

En base a lo observado, las diferencias se pueden atribuir al empleo de una máquina de ensayo automática por parte del laboratorio de la institución académica y al uso generalizado de prensas hidráulicas manuales, por parte del resto de los laboratorios. Esto se evidencia en mayor medida al observar que los resultados con menor diferencia se presentan en el interlaboratorio realizado con la empresa E, la cual utilizó una prensa semiautomática. Es importante resaltar que la norma IRAM 1546:2013 Mod. N° 1: 2017, 3.1.1 “Sistema de regulación de aplicación de

cargas” establece como requisito que “la máquina debe proveer un sistema de regulación de aplicación de cargas tal, que éstas puedan aumentarse en forma continua y sin saltos bruscos entre los límites indicados en 5.2.1”. Esto indicaría que una máquina de accionamiento manual no cumpliría con dicho requerimiento, sin embargo, no se encuentra explícito.

Cabe destacar que el procedimiento de curado empleado por cada laboratorio no fue el mismo en todos los casos, ya que algunos laboratorios emplearon curado mediante inmersión en piletas con una solución saturada de hidróxido de calcio a la temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  y otros emplearon el método de la cámara de curado a  $23\text{ °C}$  y humedad superior al 95%. Si bien ambos métodos están avalados por norma, podrían tener algún grado de influencia en los resultados. Tampoco se estableció un control de las placas de neopreno, en lo que respecta a la dureza y número de reúsos en cada caso. Si bien el impacto de estas variables es menor al del mecanismo de ensayo, en cierta medida, pudieron afectar en los resultados obtenidos.

Ante estos resultados podemos concluir que las empresas participantes deberían verificar la velocidad de aplicación de carga de las prensas mediante equipos automáticos de registro de carga o mediante la medición del recorrido de los cabezales. A su vez se debería asegurar una fecha de calibración de la máquina dentro del año de efectuados los ensayos para cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa vigente.

Se considera relevante la continuidad y el apoyo de las empresas del medio para reeditar este tipo de procedimientos e instalarlo como práctica rutinaria para el monitoreo de la competencia de los laboratorios, la detección de los factores que más inciden en los resultados, la evaluación interna de las capacidades técnicas y ofreciendo una garantía de confianza adicional a los usuarios. Fomentando la vinculación del Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad con las industrias productoras de la región.

## Referencias

Gonzalez M, et al, (2012) “Control de calidad del hormigón elaborado ¿Qué evaluamos cuando medimos resistencia?”, Memorias V Congreso Internacional 19º Reunión Técnica AATH. Bahía Blanca, Bs.As., Argentina, pp 79-86.

INTI, (2019) “Rotura a la compresión de probetas de hormigón PRO-03/2019”. Disponible online en: [www.inti.gov.ar/areas/metrologia-y-calidad/interlaboratorios](http://www.inti.gov.ar/areas/metrologia-y-calidad/interlaboratorios).

Norma IRAM 1546. (2013) “Hormigón de Cemento. Método de ensayo a compresión.”

Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. (2013) CIRSOC 201:2005.

Norma IRAM 1666. (2020) “Hormigón elaborado. Requisitos y control de la producción.”

Norma IRAM 1541, (2020). “Hormigón de cemento portland. Hormigón fresco. Muestreo.”

Norma IRAM 1893, (2018). “Hormigón de cemento. Método de ensayo para la determinación de la temperatura del hormigón en estado fresco.”

Norma IRAM 1536, (1978). “Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono”.

Norma IRAM 1562, (2012). “Hormigón fresco de cemento. Método para la determinación de la densidad (masa de la unidad de volumen) y el cálculo del rendimiento y del contenido de aire (gravimétrico).”

Norma IRAM 1602-2, (1988). "Hormigón de cemento portland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros. Método B."

Norma IRAM 1534, (2018). "Hormigón de cemento portland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorio."

Norma IRAM 1709, (2016). "Hormigón de cemento. Método y requisitos para el uso de placas de elastómeros no adheridas, empleadas para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón endurecido."

# Estudio de la profundidad de la zona activa en suelos arcillosos

## Study of the depth of the active zone in clay soils

Presentación: 05/10/2023

### **Oscar Rico**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
ricooscardaniel@gmail.com

### **Alejandro García**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
alejandro\_cgarcia@yahoo.com.ar

### **Emilia Medina**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
memiliamedina@gmail.com

### **Matías Cornalo**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
mgcornalo@gmail.com

### **Luciano Genco Inchausti**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
luchgenco@hotmail.com

### **Diego Silva**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
diego94js@gmail.com

labsuelo.frcon@gmail.com

## **Resumen**

El perfil de humedad de un terreno depende entre otros factores de sus propiedades físicas, además de características ambientales como la distribución anual de precipitaciones, la evapotranspiración, y también de la profundidad del nivel freático regional; por tanto se pueden esperar variaciones significativas entre diferentes regiones.

En la bibliografía internacional se encuentran varios trabajos de investigación sobre el tema como por ej. Kraynski (1967) [1], Fernandes, M. et. al. (2015) [2], también textos clásicos como Bowles J. (1996) [3], Braja M. Das (2012-2019)

[4] [5], donde en general expresan la profundidad necesaria para alcanzar un valor de humedad constante entre períodos húmedos/secos, denominada humedad de equilibrio.

Este trabajo busca aportar conocimiento a la cuantificación de la profundidad de humedad de equilibrio, que sea representativa de los suelos arcillosos potencialmente activos de Entre Ríos, Argentina; ejecutando un análisis pormenorizado de datos conseguidos a partir de muestras extraídas in-situ, mediante el método de penetración estándar (SPT) norma ASTM D1586-11 / (IRAM 10517).

Para esta investigación se analizaron más de 500 muestras obtenidas entre octubre de 2013 y abril de 2023, procedentes de aproximadamente 100 sondeos de exploración de la provincia, hasta profundidades que alcanzan los 5,00m

Se logró obtener una familia de curvas de Profundidad (m) vs Humedad (%), que presentan una distribución con fuerte tendencia a agruparse hacia un valor medio de humedad, acotada en un entorno de variación de  $\approx 32\% \pm 5\%$ , para una profundidad del orden de los 3,00m.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran cierta concordancia con lo publicado a nivel global, donde en general se establece una humedad de equilibrio en torno a los 3,00m de profundidad, diferenciándose de datos recabados a partir de un estudio regional, realizado en la década de 1980 para una única locación del centro de la provincia, el que habría concluido en la obtención de la humedad de equilibrio a una profundidad del orden de 1,60m.

**Palabras clave:** Profundidad de Equilibrio – Humedad – Arcillas Activas.

## Abstract

The moisture profile of a terrain depends, among other factors, on its physical properties, as well as environmental characteristics such as the annual distribution of precipitation, evapotranspiration, and the depth of the regional water table. Therefore, significant variations can be expected between different regions.

In the international literature, several research works on the subject can be found, such as Kraynski (1967) [1], Fernandes, M. et al. (2015) [2], as well as classic texts like Bowles J (1996) [3], Braja M. Das (2012-2019) [4] [5]. In their which generally express the depth required to achieve a constant moisture value between wet and dry periods, referred to as equilibrium moisture.

This investigation aims to contribute knowledge to the quantification of the equilibrium moisture depth that is representative of potentially active clayey soils in Entre Ríos, Argentina, through a detailed analysis of data obtained from samples extracted using the Standard Penetration Test (SPT) method, according to ASTM D1586-11 / IRAM 10517.

For this research, more than 500 samples extracted between October 2013 and April 2023 were analyzed, coming from approximately 100 exploration boreholes in the province, reaching depths of up to 5.00 meters.

A family of Depth (m) vs. Moisture (%) curves was obtained, showing a distribution with a strong tendency to cluster around a mean moisture value, bounded within a variation range of approximately  $32\% \pm 5\%$ , at a depth of around 3.00 m.

The results obtained in this work show some agreement with what to be published globally, where it is generally established that the equilibrium moisture is around a depth of 3.00 m. They differing from data collected from a regional study conducted in the 1980s for a single location in the center of the province, which concluded that the equilibrium moisture was at a depth of approximately 1.60m.

**Keywords:** Balance Depth – Moisture content - Active Clays.

## Introducción

Algunos suelos netamente arcillosos tienen la capacidad de variar su volumen cuando ocurren cambios en su contenido de humedad, consecuentemente pudiendo generar importantes presiones de expansión sobre las estructuras fundadas en los mismos. Tal situación ocurre en extensas zonas de la provincia de Entre Ríos, las que presentan suelos arcillosos con elevado pasante por el tamiz N°200, entre 80% a 100%, alto límite líquido > 55%, considerable índice plástico, con valores superiores a 30%, y partículas de tamaño menor a 2 micrones, en cantidad cercana o superior a 50%. Características físicas estas, compatibles con las habitualmente denominadas “arcillas expansivas”, o mejor definidas por los investigadores como “arcillas potencialmente activas”.

Esas variaciones volumétricas del suelo se pueden registrar hasta una cierta profundidad, la que se pretende investigar, generando en las estructuras tensiones en todas las direcciones. Dichas estructuras y sus fundaciones fueron generalmente construidas, dentro del rango de espesor o profundidad de suelo alcanzado por los cambios estacionales de humedad.

Podemos definir a la “presión de expansión”, como la tensión necesaria para anular la deformación originada por la variación de volumen de suelo.

En aquellas estructuras que someten al terreno a grandes cargas, sobre todo cuando los esfuerzos verticales transmitidos al subsuelo son mayores que la presión de expansión, los eventos resultan de imperceptible o de acotada magnitud; por lo expresado para esas obras de considerable peso gravitatorio, en general no se presentan mayores inconvenientes.

Sin embargo en obras “livianas” los fenómenos alcanzan gran incidencia, pudiendo provocar movimientos verticales y horizontales no uniformes, debidos a la variación de la humedad natural del suelo y a su condición o grado de saturación heterogéneo, ocasionando sobre las construcciones las consecuentes deformaciones diferenciales, fisuras, grietas, roturas, y eventualmente la salida de servicio e incluso el colapso.

## Desarrollo

Todas las muestras de suelo analizadas, provenientes de unos aproximadamente 100 sondeos de distintas zonas del territorio provincial, fueron cedidas por una empresa dedicada a la investigación geotécnica.



Figura 1. Método de ejecución ensayo SPT.



Figura 2. Muestras Obtenidas del ensayo SPT.

Los testigos investigados provienen de las siguientes localidades entrerrianas: Bovril, Chajarí, Feliciano, San Jaime, San Salvador, Basavilbaso, Chañar, Col. Avigdor, Conscripto Bernardi, Ea. Grande, Federación, Federal, Gral. Campos, Gualeguaychú, Jubileo, La Criolla, La Florida, Los Charrúas, Macía, Ubajay, Villa Elisa y Villaguay. Adicionalmente para el sur de la Provincia de Corrientes, se estudiaron muestras procedentes de Juan Pujol, Sauce de Luna y Sauce.

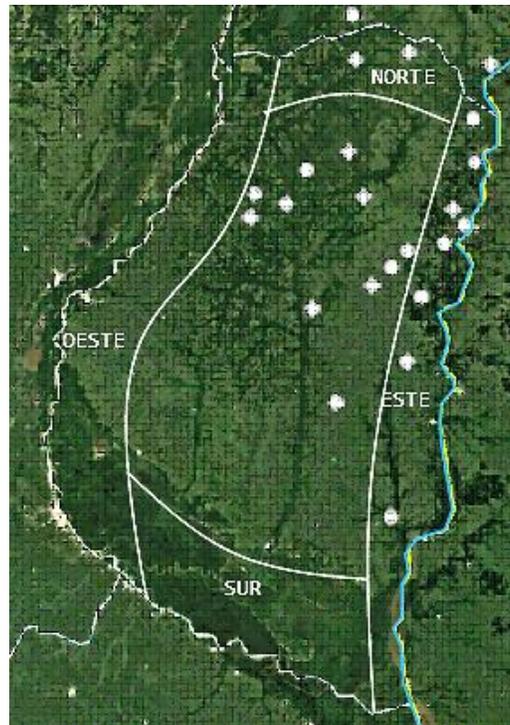


Figura 3. Regionalización de la provincia de Entre Ríos y ubicaciones aprox. del origen de las muestras.

Se realizaron los siguientes ensayos de identificación y clasificación.

- Humedad (IRAM 10519),
- Límites de Atterberg (IRAM 10501/07),
- Lavado por tamiz #200 (IRAM 10507),
- Clasificación SUCS (IRAM 10509).

Se registraron los resultados de los ensayos confeccionado un tabla de datos (denominada T1), donde además de la profundidad de extracción y la humedad de las muestras, se incorporaron otros datos como la plasticidad, el número de golpes del SPT, la locación de extracción, el contenido de finos o pasante por la malla N° 200, etc.

Inicialmente con la totalidad de los datos se representaron las curvas Profundidad (m) vs Humedad (%), en un único gráfico. (fig. 4).

Tabla T1. Procesamiento de datos.

Profundidad (m)	Fecha	Humedad [%]	N	LL [%]	LP [%]	IP	Pasante Tamiz N°200	γ <sub>d</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]	SUCS	Color	Observaciones	Lugar	Region
0,25	oct-19	28,69	7	65	25	40	76,64	1,5	CH	Negruzco	Nodulitos Calcareos	Chajari	Este
0,75	oct-19	24,69	9	49	21	28	80,7		CL	Castaño	Calcareo - Fracciones Negruzca	Chajari	Este
1,75	oct-19	28,78	10	48	18	30	70,94	1,66	CL	Castaño	Fracciones Rojas - Nodulitos	Chajari	Este
2,75	oct-19	32,87	9	62	29	33	94,07	1,44	CH	Castaño	Fracciones grisáceas. Muestra Homogenea	Chajari	Este
3,75	oct-19	34,36	12	63	30	33	96,57		CH	Grisáceo	Nodulitos Calcareos Dispersos	Chajari	Este
4,75	oct-19	34,53	14	58	30	28	97,57	1,41	CH	Grisáceo	Fracciones Cast. Rojas. Nodulitos	Chajari	Este
0,25	ago-21	20,35	7	38	16	22	34,9		SC	Negruzca	Restos de ladrillos	Federal	Centro
0,75	ago-21	30,15	8	67	24	43	97,22		CH	Castaño	Fracciones Negruzcas. Nodulitos calcáreos	Federal	Centro
1,75	ago-21	36,45	7	62	31	31	99,62		CH	Castaño	Fracciones Negruzcas. Muestra	Federal	Centro
2,75	ago-21	36,5	11	61	31	30	99,41		CH	Castaño	Muestra Homogenea.	Federal	Centro
3,75	ago-21	35,74	14	59	30	29	98,05		CH	Castaño	Fracciones Negruzcas	Federal	Centro
4,75	ago-21	32,67	17	60	30	30	98,56		CH	Grisáceo	Fracciones Negruzcas	Federal	Centro
						0							
0,25	jun-21	36,05	3,6	67	28	39	95,81	1,3	CH	Negruzco	Raíllas homogéneo	Col. Avigdor	Centro
0,75	jun-21	32,45	7	68	26	42	98,06	1,45	CH	Castaño	Fracciones Negruzcas. Nódulos calcáreos	Col. Avigdor	Centro
1,75	jun-21	29,45	9	63	26	37	89,95	1,51	CH	castaño grisáceo	Fracciones Negruzcas nódulos	Col. Avigdor	Centro
2,75	jun-21	25,69	9	62	23	39	69,63		CH	castaño grisáceo	Pintas negruzcas nódulos calcáreos	Col. Avigdor	Centro
3,75	jun-21	34,17	8	63	29	34	98,9		CH	Castaño	Nodulitos calcáreos	Col. Avigdor	Centro
4,75	jun-21	36,02	8	63	28	35	89,17	1,28	CH	Castaño	Homogéneo nódulos calcáreos	Col. Avigdor	Centro
0,25	feb-22	19,64	7,8	70	20	50	98,19		CH	Negruzco	Raíllas	Feliciano	Norte
0,75	feb-22	23,26	9	55	22	33	97,53		CH	Castaño	Nodulitos calcáreos y negruzcos	Feliciano	Norte
1,75	feb-22	29,54	7	60	18	42	93,21	1,48	CH	Grisáceo	Fracciones negruzcas. calcáreos	Feliciano	Norte
2,75	feb-22	35,87	4	62	24	38	98,09	1,33	CH	Grisáceo	Fracciones castañas. Nodulitos	Feliciano	Norte
3,75	feb-22	37,87	5	59	26	33	99,9		CH	Grisáceo	Nodulitos negruzcos	Feliciano	Norte
4,75	feb-22	35,39	8	61	27	34	99,62	1,35	CH	Castaño	Fracciones grisáceas y negruzcas	Feliciano	Norte

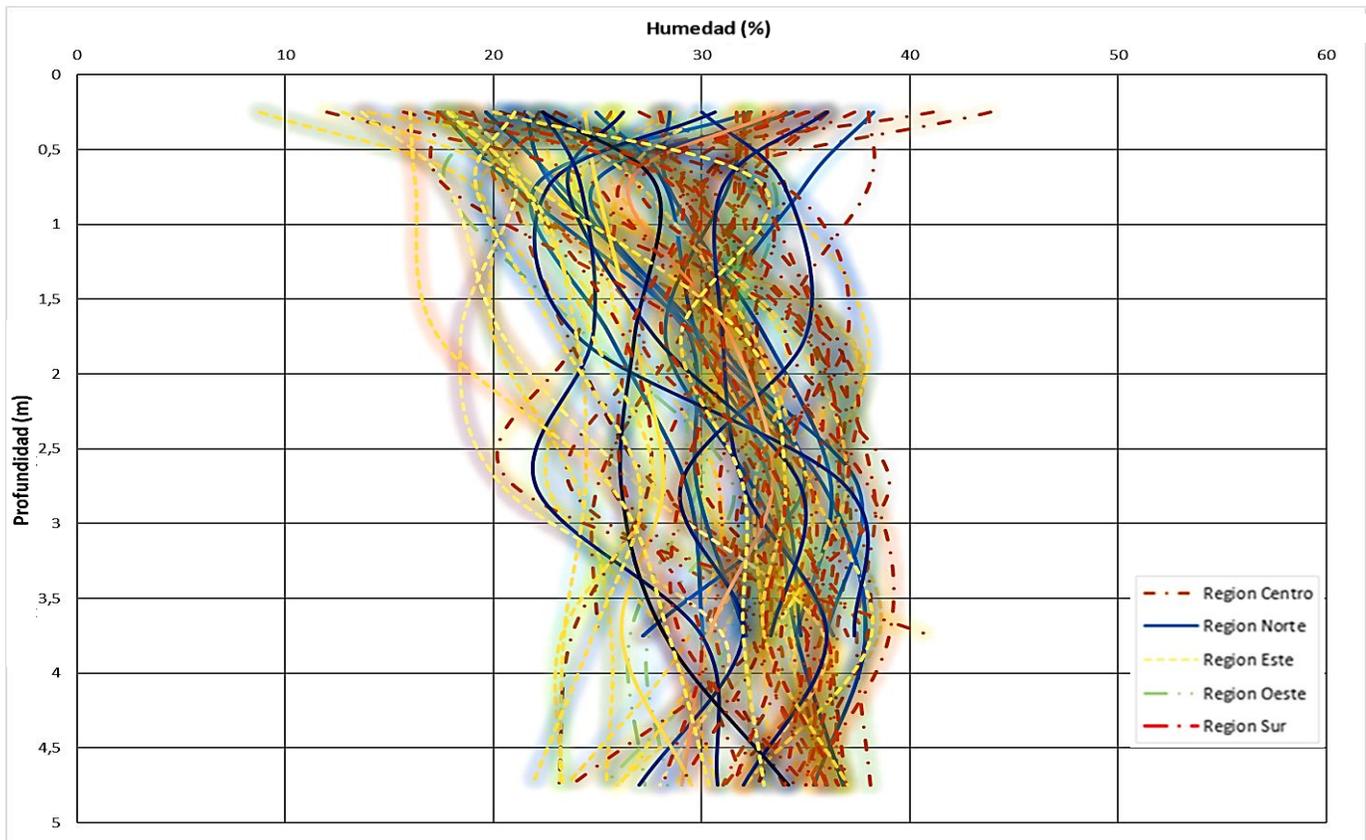


Figura 4. Curvas humedad (%) vs profundidad (m) de la totalidad de las muestras.

Como se puede observar en la figura 4, los datos generales presentan considerable dispersión. A partir de estos resultados se procedió a aplicar filtros a la información, acotando el muestreo de análisis, pero de forma que permitan agrupar los suelos según características más homogéneas.

Algunos filtros aplicados fueron los siguientes:

- Filtro 1: Regiones Centro y Norte;  $IP > 30$  (figura 5),
- Filtro 2: Pasante Tamiz #200 > 85%;  $IP \geq 30$ ; CH (figura 6),
- Filtro 3:  $LL > 40$  y Pasante Tamiz #200 > 85% (figura 7),
- Filtro 4:  $IP > 30$ ; Pasante Tamiz #200 > 85%; Región Centro y Norte; CH (figura 8).

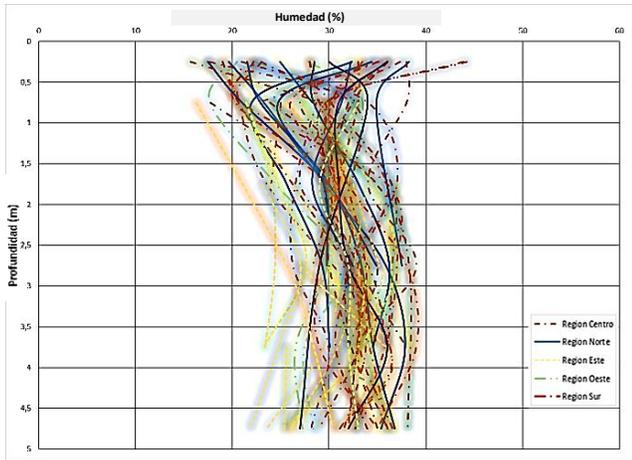


Figura 5. Región centro y Norte; IP >30.

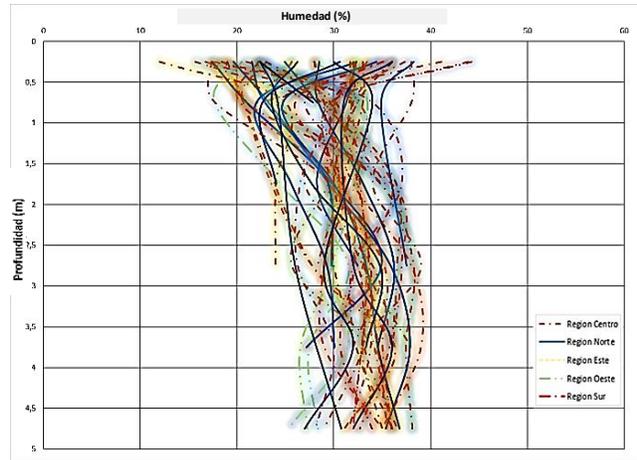


Figura 6. Pasante TN°200 >85%; IP >30.

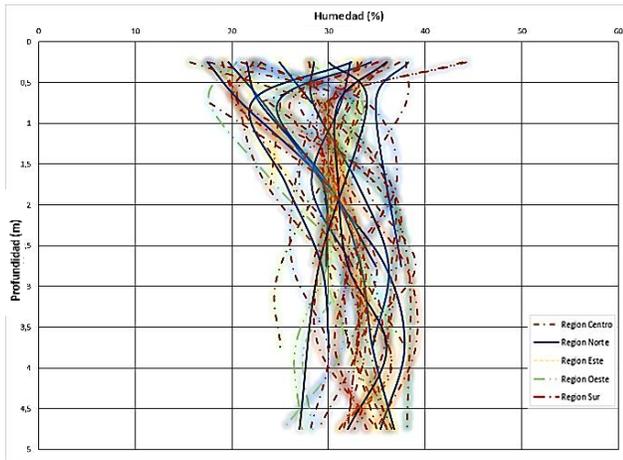


Figura 7. Pasante TN°200 >85%; LL >40.

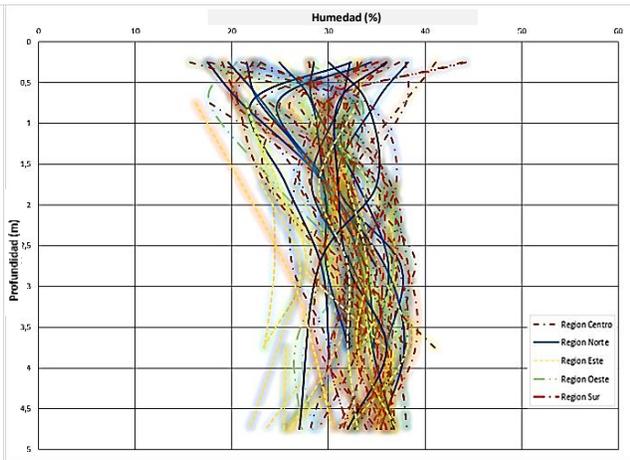


Figura 8. Región centro y norte; pasante TN°200 >85%; IP >30.

- Filtro 5: Pasante Tamiz #200 >85%; IP  $\geq$ 30 (figura 9), en gráficos superpuestos: meses cálidos (trazos rojizos discontinuos: diciembre, enero y febrero) vs meses fríos (trazos azulados continuos: junio, julio y agosto).

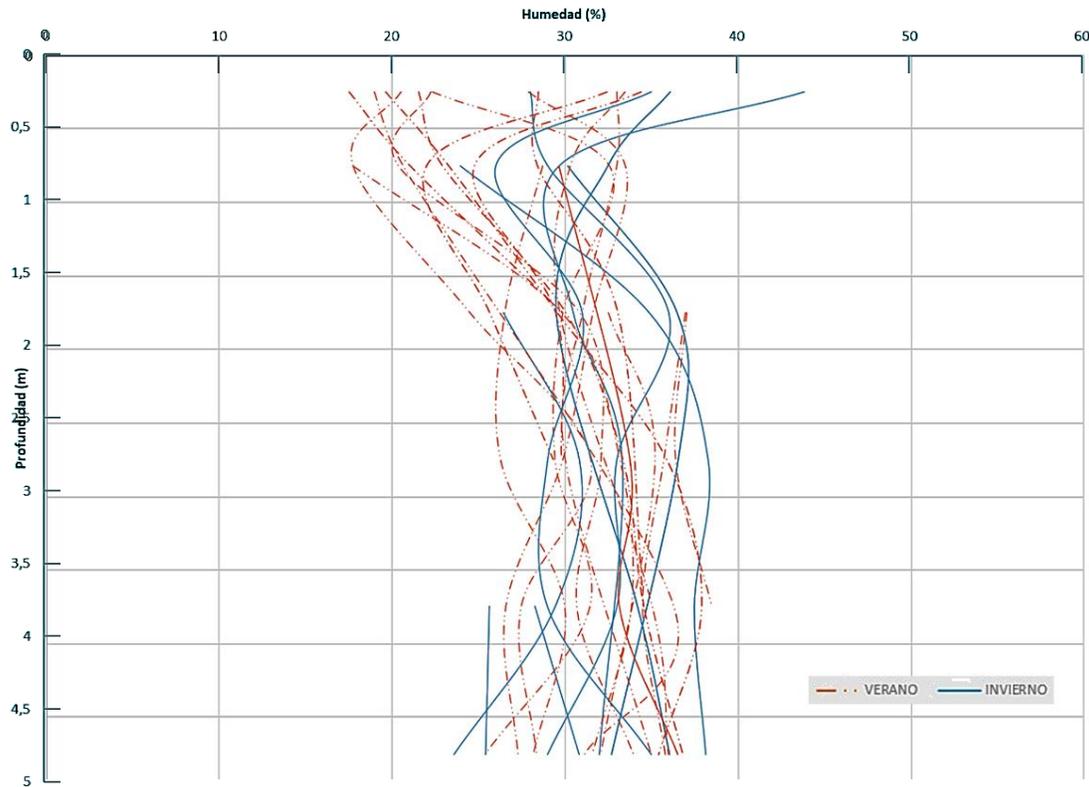


Figura 9. Pasante TN°200 >85%; IP >30; variación verano – invierno.

## Análisis de resultados y proyección de continuidad.

En los gráficos obtenidos se logra vislumbrar la clara tendencia hacia una fuerte variación de la humedad natural del suelo para los estratos más superficiales, pero a partir de cierta profundidad (mayor a los 2m), se aprecia que el rango de variación es más acotado. Esta tendencia de evolución se observa similar a lo presentado de forma preliminar, en investigación de UTN Concordia del año 2006, Miccuci et. al. [6].

Partiendo de considerar que dicha profundidad, hasta la que puede variar la humedad de los suelos, es un fenómeno estacional y fuertemente condicionado por la amplitud de los regímenes de lluvia y humedad ambiente; resulta imperioso prever la continuidad de estas investigaciones a mediano o largo plazo, aumentando el muestreo, de manera que permita registrar períodos de seca extraordinaria (verano), así como en estadios de máximo y prolongados períodos lluviosos (invernales). Para lograr lo anterior se considera determinante obtener datos de una misma localidad a lo largo del tiempo y de resultar factible, poder realizar varios sondeos en un mismo sitio, durante diferentes épocas del año.

Así mismo en la idea intención de continuidad del trabajo y siguiendo tendencias de algunas publicaciones recientes Cheng, Y., et. al. [7]; Devkota, B. et. al. [8]; etc., se pretende también incorporar ensayos que permitan cuantificar la succión del suelo y su variación en profundidad.

## Conclusiones

Se aprecia que la tendencia general para las variaciones de humedad de los distintos registros, acompaña a las curvas teóricas difundidas en la bibliografía internacional (pe. B. Das, 7ma. Ed. 2012) [4].

Se evidencia cierta dispersión, la que al estado actual de la presente investigación se atribuye al origen de datos procedentes de diferentes localizaciones.

Se observa que las muestras que arrojaron un Índice de Liquidez (IL) cercano o inferior a cero (0), fueron en todos los casos obtenidas en temporada estival o de sequía y para una profundidad máxima de 1.0m. Resultando así el Índice de Liquidez, un "buen" indicador del déficit o aridez de humedad del terreno.

Se puede concluir preliminarmente de acuerdo a los resultados registrados, que la profundidad de la humedad de equilibrio se encuentra en el orden de 3.00m (fig. 10):-

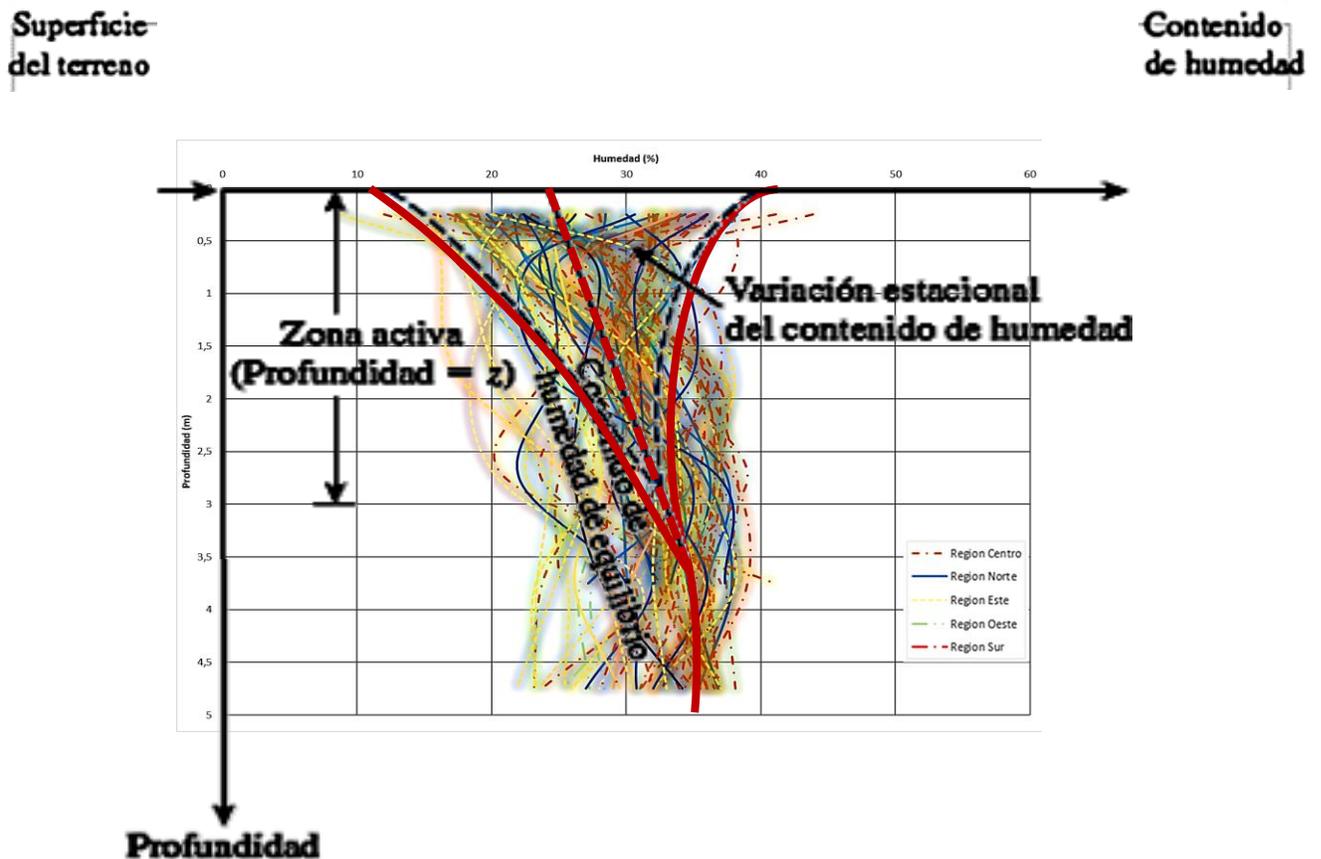


Figura 10. Profundidad de la humedad de equilibrio.

## Referencias

- [1] Kraynski, L.M. (1967). “*A Review Paper on Expansive Clay Soils*”, Woodward-Clyde & Assoc., Portland Cement Assoc., Vol. 1.
- [2] Fernandes, M.; Denis, A.; Fabre, R.; Lataste, J.F.; Chretien, M. (2015). “*In situ study of the shrinkage-swelling of a clay soil over several cycles of drought-rewetting*”. Eng. Geol., 192, pp. 63–75.
- [3] Bowles, J. (1996). “*Foundation Analysis and Design*”, 5th Edition, Mc. Graw-Hill Companies, USA, pp. 380-393.
- [4] Das, B.M. (2012). “*Principios de Ingeniería de Cimentaciones*” - 7ª Edición, Thompson. México, 2012, pág. 695-699.
- [5] Das, B.M. and Sivakugan, N. (2020). “*Principles of Foundation Engineering*”, 9th Edition, Cengage Learning, Boston, Massachusetts, USA, pp. 612-615.
- [6] Miccuci, C.A.; Rico O.D.; et. al. (2006). “*Contribución al conocimiento de las Arcillas Activas*” - GIAA - UTN Concordia E. Ríos, – CAMSIG XVII, San Juan, Argentina.
- [7] Cheng, Y.Z.; Huang, X.M.; Li, C.; Shen, Z.P. (2017). “*Field and numerical investigation of soil-atmosphere interaction at Nairobi, Kenya*”. Eur. J. Environ. Civ. Eng., 21, pp. 1326–1340.
- [8] Devkota, B.; Karim, M.R.; Rahman, M.M.; Nguyen, H.B.K. (2022). “*Accounting for Expansive Soil Movement in Geotechnical Design—A State-of-the-Art Review*”. MDPI. University of South Australia, Adelaide, pp. 17-21.

# Evaluación de la reología en estado fresco y endurecido de los hormigones sustentables obtenidos empleando el agua de lavado de camiones mixers de planta elaboradoras

Rheology evaluation of fresh and hardened sustainable concrete using washing water from mixer trucks in manufacturing plants.

Presentación: 05/10/2023

## **Cristian Gonzalo Caballero.**

Grupo de Investigación en Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente (GIICMA), Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – UTNFRCon - Salta 277 – CP 3200 - Concordia - Entre Ríos – Argentina.

e-mail: [cgcaballero@frcon.utn.edu.ar](mailto:cgcaballero@frcon.utn.edu.ar)

## **José Alberto Palacio.**

Grupo de Investigación en Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente (GIICMA), Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – UTNFRCon - Salta 277 – CP 3200 - Concordia - Entre Ríos – Argentina.

e-mail: [apalacio@frcon.utn.edu.ar](mailto:apalacio@frcon.utn.edu.ar)

## **Jorge Daniel Sota.**

Grupo de Investigación en Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente (GIICMA), Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional – UTNFRCon - Salta 277 – CP 3200 - Concordia - Entre Ríos – Argentina.

e-mail: [jdsota@gmail.com](mailto:jdsota@gmail.com)

## **Resumen**

En diversos países, las instalaciones dedicadas a la fabricación de hormigón hacen uso de camiones mezcladores en su proceso de producción, y en este proceso se emplea una cantidad significativa de agua potable. Además de este consumo durante la elaboración del hormigón, es crucial tener en cuenta la cantidad de agua utilizada para limpiar los camiones mezcladores, lo cual genera una considerable cantidad de agua residual que no puede ser eliminada sin un tratamiento previo. Por lo tanto, el propósito fundamental de este estudio consiste en examinar la viabilidad de incorporar agua reciclada, obtenida a través del lavado de los camiones mezcladores, en la producción de hormigón, con el fin de reducir el uso de agua potable. En este proyecto, se llevaron a cabo tres formulaciones distintas: una de referencia producida con agua potable, una formulación con un 25% de sustitución por agua residual y una tercera con un 35% de sustitución. Para evaluar las propiedades de los hormigones, se realizaron pruebas tanto en su estado fresco como endurecido. La trabajabilidad se evaluó mediante el ensayo de asentamiento, mientras que la resistencia a la compresión se midió a los 7, 28 y 56 días. Los resultados obtenidos indicaron que el hormigón fabricado con estos porcentajes de sustitución mantuvo la misma resistencia a la compresión que el hormigón estándar. Además, se observó un aumento en la fluidez en el estado fresco a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución de agua.

**Palabras clave:** Agua Reciclada; Hormigón Sustentable; Producción de Hormigón; Reúso; Materiales Eco-eficientes; Reología; Hormigón Elaborado; Lavado

## Abstract

Concrete plants in many countries use motorized concrete mixer trucks in their production processes, which consume a significant amount of potable water. In addition, cleaning/ washing these trucks generates a significant amount of wastewater that cannot be discharged without prior treatment. Therefore, the objective of this study is to investigate the use of recycled water from mixer truck cleaning in concrete production as a means to reduce the reliance on potable water.

Three different concrete mixes were developed for analysis: a reference mix with potable water, a mix with 25% replacement of recycled water, and a third mix with 35% replacement. The properties of these concrete mixtures were evaluated in both the fresh and hardened states, assessing workability through slump tests and compressive strength at 7, 28, and 56 days. The results showed that the concrete produced with these water replacement percentages maintained the same compressive strength as the standard concrete mix, while also exhibiting increased flowability in the fresh state as the percentage of water replacement increased. This research provides valuable insight into sustainable concrete production practices by effectively reducing reliance on potable water through the incorporation of recycled water.

**Keywords:** Concrete production; Eco-efficient materials; Recycled water; Sustainable Concrete; Reuse; Rheology; Ready Mixed Concrete; Washout; Washing

## Introducción

En Argentina, así como en las zonas industriales ubicadas en provincias como Entre Ríos, Santa Fe, Buenos Aires y Córdoba, se hace evidente la imperativa necesidad de concebir e instaurar sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales en la industria del hormigón elaborado. Esta necesidad se deriva tanto de la falta de implementación de tales sistemas como de la aplicación deficiente en algunas instancias, particularmente en las operaciones de limpieza de plantas y camiones mezcladores después del transporte de materiales. En este contexto, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales se erige como una alternativa de vital importancia para mitigar el impacto ambiental y optimizar la utilización de los recursos naturales en el proceso de producción de hormigón.

No obstante, es esencial considerar que las características de las aguas residuales industriales, en particular las asociadas a la industria del hormigón, están predominantemente influenciadas por su composición química, un factor crítico a la hora de tomar decisiones relacionadas con su potencial reutilización. Asimismo, es crucial reconocer que las aguas residuales y los agregados susceptibles de ser recuperados en distintas etapas del proceso de tratamiento varían en términos de sus propiedades fisicoquímicas (Ricardo de Matos et al., 2020). Por consiguiente, no solo se requiere una base de datos actualizada que contemple resultados y valores admisibles de análisis cuantitativos y cualitativos de las aguas residuales, sino también la elaboración de manuales y regulaciones que supervisen las prácticas de disposición de desechos en esta industria (Balzamo et al., 2012). En este contexto, es imperativo llevar a cabo investigaciones adicionales para desarrollar un sistema de tratamiento que proporcione una fuente estable y confiable de agua reutilizable, con una mínima variabilidad en su composición físico-química,

permitiendo así su óptimo aprovechamiento. Por lo tanto, el tratamiento y la reutilización de aguas residuales se han convertido en una problemática ambiental de gran relevancia que requiere ser abordada y estudiada en profundidad.

A pesar de los notables avances en la industria de la construcción, con la introducción de nuevos materiales, tecnologías y métodos, el hormigón sigue siendo el material preeminente, especialmente en la edificación de viviendas, para satisfacer la creciente demanda de la población. Sin embargo, el elevado consumo de agua y la generación de aguas residuales, además de la gestión deficiente de estos factores en la industria del hormigón elaborado, han emergido como cuestiones ambientales cruciales que exigen atención y solución.

En Argentina, un indicador relevante del volumen de producción de hormigón y de la actividad del sector es el consumo de cemento. En el año 2019 (el último año completo con datos disponibles), se registró un consumo total de 11.003.359 toneladas de cemento, equivalente a 245 kilogramos de cemento por habitante (AFCP, 2019). Anualmente, se producen alrededor de 5.436.186 metros cúbicos de hormigón en plantas elaboradoras (AAHE, 2019) (ver Figura 1). Sorprendentemente, solo el 8 % de estas plantas cuentan con certificación de gestión de calidad ISO 9001:2015, mientras que el 21 % produce bajo estándares de calidad y servicio aceptables. El restante 71 % no cumple con los estándares de calidad en términos de producción y gestión ambiental, lo que arroja luz sobre la problemática actual en la gestión de residuos de la industria.

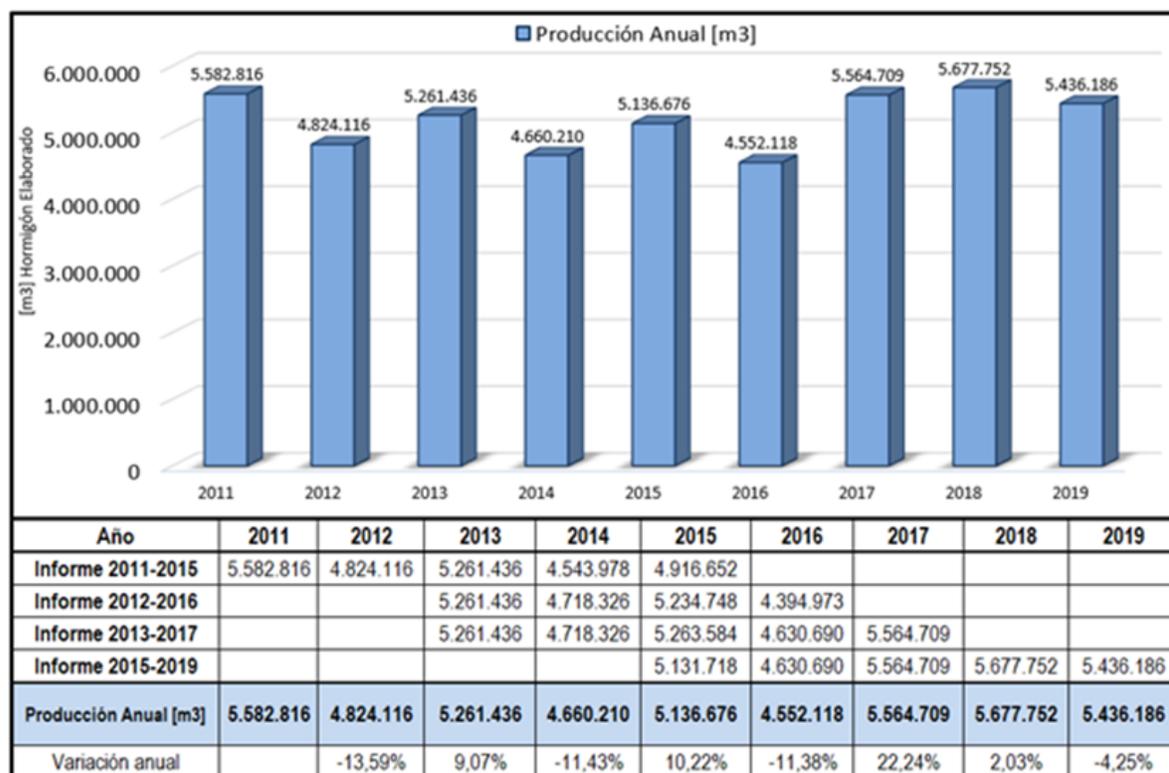


Figura 1. Producción nacional anual de hormigón elaborado [m3].

Se calcula que, al finalizar cada jornada laboral, se genera un remanente de aproximadamente 300 kilogramos de hormigón fresco en cada camión mezclador (Sandrolini y Franzoni, 2001). Aunque este excedente podría ser reutilizado mediante la incorporación de aditivos estabilizadores de la hidratación, en la práctica, es común que se opte por su lavado, en parte debido a los costos asociados con los mencionados aditivos, que, en principio, resultan más onerosos en comparación con el empleo de agua. Es relevante destacar que, en las plantas elaboradoras locales, estos procesos de lavado se llevan a cabo sin restricciones ni regulaciones que supervisen el consumo, el vertido o la devolución al entorno del agua utilizada en dichas operaciones.

## Desarrollo

### 1. Materiales y métodos

Como parte de la fase inicial de investigación, en colaboración con una empresa local con sede en la ciudad de Concordia, en la provincia de Entre Ríos, Argentina, se procedió a la fabricación de mezclas de prueba de gran volumen (pastones). Para esta investigación se disponía de los materiales almacenados, incluyendo agregados gruesos y finos, cemento y aditivos, además de la fórmula de mezcla estándar utilizada por la empresa. El objetivo primordial en esta etapa inicial fue evaluar parámetros críticos del hormigón, tales como resistencia a la compresión simple, consistencia, temperatura y tiempo de fraguado. Se compararon estas propiedades con las del hormigón de referencia o estándar, con el fin de establecer un marco teórico adecuado para la posterior aplicación del agua reciclada en el proceso.

#### 1.1. Cemento

En el marco de esta investigación, se empleó un cemento Portland compuesto de tipo CPC 50, que cumple con la normativa IRAM 50000 titulada "Cementos de uso general". Este cemento se obtuvo de los silos de almacenamiento ubicados en la planta elaboradora. Este tipo de cemento es de uso común en el país, particularmente en la Región Centro y la Mesopotamia, y su composición se detalla en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1. Tipo de cemento y composición según Norma IRAM 50.000.

Designación			Composición (g/100 g)				
Tipo de Cemento	Nomenclatura	Clase Resistente	Clinker + sulfato de calcio	Puzolana o ceniza volante silíceas (P o CV)	Escoria (E)	"Filler" calcáreo (F)	Compuestos minoritarios
Cemento Portland Compuesto	CPC	50	94 - 65	Dos o más, con $6 \leq (P+E+F) \leq 35$ y $F \leq 35$			0 - 5

#### 1.2. Agregado grueso

Se empleó un agregado natural de sílice en forma de canto rodado, obtenido de canteras ubicadas en la región Mesopotámica de Argentina, específicamente en las provincias de Entre Ríos y Corrientes. Este agregado presenta un tamaño máximo nominal de 6 a 20 mm, un módulo de finura de 6,73 y su distribución granulométrica se encuentra en conformidad con los requisitos establecidos en la Norma IRAM 1627 para agregados gruesos, como se ilustra en la Figura 2.

#### 1.3. Agregado fino

Se empleó arena natural de tipo silíceas de granulometría gruesa, que se extrae de canteras ubicadas en las márgenes del Río Uruguay, en la provincia de Entre Ríos. Esta arena presenta un módulo de finura de 2,61 y su distribución granulométrica se ajusta a los requisitos establecidos en la Norma IRAM 1627 para agregados finos, tal como se ilustra en la Figura 2.

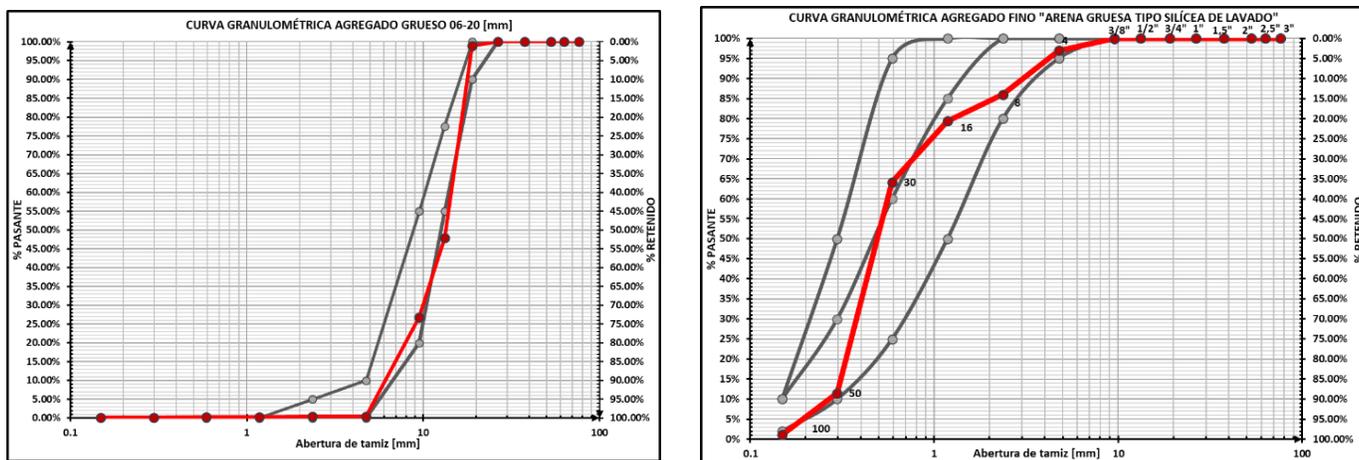


Figura 2. Curvas granulométricas de agregados grueso y fino.

#### 1.4. Aditivo químico

En este caso se utilizó un aditivo plastificante y superfluidificante de medio rango, de uso comercial en la Argentina, cuya composición química se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química aditivo plastificante y fluidificante.

Nombre químico	Concentración (%)
Naphtalensulfonic acid-formaldehyde condensate sodium salt	$\geq 5 - < 10$
1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona	$\geq 0,1 - < 1$

#### 1.5. Agua reciclada

El agua reciclada utilizada en este estudio se obtuvo de las instalaciones de la misma empresa. La empresa dispone de un sistema de piletas de sedimentación y decantación, destinado al lavado diario de los camiones mezcladores. De estas piletas, se tomaron múltiples muestras de agua, que posteriormente se emplearon en la preparación de los pastones de prueba.

El sistema de tratamiento de agua consta de un total de cinco piletas continuas, en las cuales se lleva a cabo el intercambio mediante el proceso de trasvase por gravedad. Específicamente, se tomaron muestras de las piletas N°1 y N°4 del sistema. La primera de ellas corresponde a la piletas en la que se vierten directamente los residuos de los camiones y el agua de lavado, mientras que la segunda corresponde a la última piletas del sistema, antes de pasar al almacenamiento y proceso de filtrado. La disposición de estas piletas y la dirección del flujo del agua de lavado se ilustran en la Imagen 1.



Imagen 1. sistema de piletas de sedimentación de sólidos de agua residual.

Se recolectaron un total de 60 litros de agua procedente del proceso de lavado de los camiones, la cual se almacenó en bidones y botellas para su posterior utilización en los ensayos de laboratorio. Es importante mencionar que el agua recopilada presentaba cierto grado de turbidez debido a la presencia de partículas sólidas en suspensión. A partir de las muestras tomadas de las piletas 1 y 4, se realizaron mediciones de temperatura, pH, conductividad y contenido de sales disueltas mediante el empleo de un medidor multiparamétrico.

La Figura 3 y Figura 4, generadas a partir del análisis de los datos obtenidos de las muestras de agua, revelan una notable alcalinidad en el agua de la Pileta N°1 (que recibe directamente la descarga del agua reciclada mezclada con los residuos de hormigón). Esta pileta exhibe un promedio de pH de 11,58 y un contenido total de sales disueltas (TDS) promedio de 3010,83 ppm. En contraste, los valores promedio de la Pileta N°4 (ubicada al final del sistema de piletas, como se muestra en la Imagen 1) son de 10,78 para el pH y 744,33 ppm para el TDS. Estos resultados evidencian claramente la alta concentración de sales disueltas y la marcada alcalinidad del agua reciclada de los camiones mezcladores sin someterse a ningún tratamiento previo. Incluso, si solo se somete a un proceso de decantación o sedimentación, se logra una considerable reducción en estos valores.

Basándonos en estos resultados, se tomó la decisión de utilizar el agua reciclada de la Pileta N°4 en la preparación de los pastones de prueba. Esta elección se fundamenta en las significativas diferencias observadas en los valores de pH y sales disueltas con respecto a los límites establecidos por la Norma IRAM 1601 (pH mínimo de 4 y TDS máximo de 50000 mg/l) (IRAM 1601, 2012).

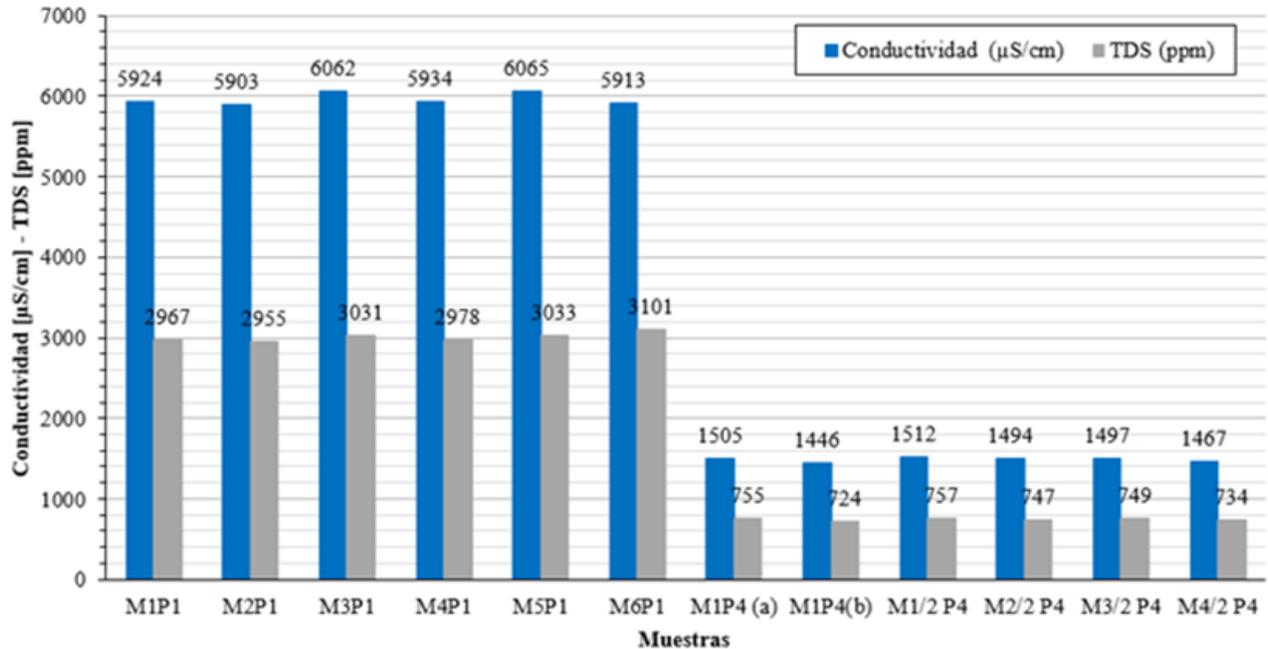


Figura 3. Conductividad y total de sales disueltas. Pileta 1 vs. Pileta 4.

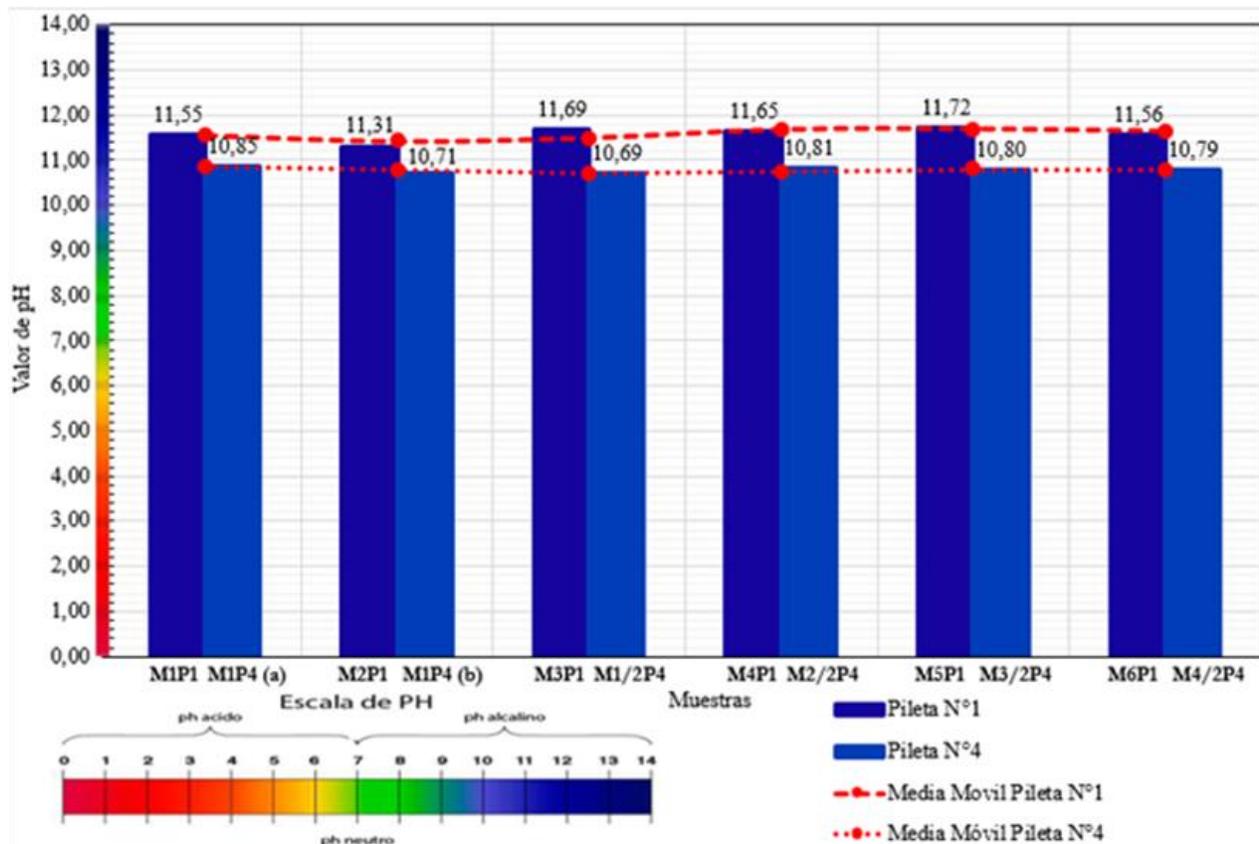


Figura 4. Valores de pH del agua residual. Pileta 1 vs. Pileta 4.

## 1.6. Dosificación

El diseño de la mezcla se basó en la formulación tradicional empleada por la empresa elaboradora. En este caso, se seleccionó un hormigón de clase H30, conforme a la normativa INTI-CIRSOC 201/2005, que es ampliamente utilizado en la producción. La Tabla 3 muestra la composición de esta mezcla, que representa el pastón de referencia o base.

Para llevar a cabo el estudio, se replicó esta formulación, pero con la sustitución parcial correspondiente del 25 % y 35 % del agua potable por agua procedente del proceso de lavado de los camiones mezcladores, tal como se detalla en la Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente.

Tabla 3. Dosificación pastón de prueba N°01 - 0% Agua Reciclada.

Material	Densidad Kg/dm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>		Pastón de prueba:		65 dm <sup>3</sup>	
		Peso Kg	Volumen dm <sup>3</sup>	Absorción %	Humedad %	Peso SSS Kg	Peso Hum. Kg
Cemento CPC50	3,12	365,00	116,99			23,72	23,72
Agua Potable	1,00	170,00	170,00			11,05	10,50
Agua Reciclada	1,00	0,00	0,00			0,000	0,000
Arena Fina	2,60	699,80	269,15	0,36	2,07	45,49	46,26
Canto Rodado 06-20 mm	2,63	1123,06	426,69	0,71	0,40	73,00	72,77
Aditivo Plast. y Superfluidificante	1,18	2,56	2,17			0,17	0,17
Aire	0,0012	0,02	15,00			0,001	0,001

Tabla 4. Dosificación pastón de prueba N°02 - 25% Agua Reciclada.

Material	Densidad Kg/dm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>		Pastón de prueba:		65 dm <sup>3</sup>	
		Peso Kg	Volumen dm <sup>3</sup>	Absorción %	Humedad %	Peso SSS Kg	Peso Hum. Kg
Cemento CPC50	3,12	365,00	116,99			23,72	23,72
Agua Potable	1,00	127,50	127,50			8,30	7,87
Agua Reciclada	1,00	42,50	42,50			2,76	2,76
Arena Fina	2,60	699,80	269,15	0,36	2,07	45,49	46,26
Canto Rodado 06-20 mm	2,63	1123,06	426,69	0,71	0,40	73,00	72,77
Aditivo Plast. y Superfluidificante	1,18	2,56	2,17			0,20	0,17
Aire	0,0012	0,02	15,00			0,001	0,001

Tabla 5. Dosificación pastón de prueba N°03 - 35% Agua Reciclada.

Material	Densidad Kg/dm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>		Pastón de prueba:		65 dm <sup>3</sup>	
		Peso Kg	Volumen dm <sup>3</sup>	Absorción %	Humedad %	Peso SSS Kg	Peso Hum. Kg
Cemento CPC50	3,12	365,00	116,99			23,70	23,72
Agua Potable	1,00	110,50	110,50			7,20	6,82
Agua Reciclada	1,00	59,50	59,50			3,87	3,87
Arena Fina	2,60	699,80	269,15	0,36	2,07	45,49	46,26
Canto Rodado 06-20 mm	2,63	1123,06	426,69	0,71	0,40	73,00	72,77
Aditivo Plast. y Superfluidificante	1,18	2,56	2,17			0,20	0,17
Aire	0,0012	0,02	15,00			0,001	0,001

## 1.7. Elaboración de hormigón

Como se ha mencionado, el diseño de las mezclas se estableció siguiendo las proporciones típicas empleadas por la empresa elaboradora, con la única excepción de la introducción de un reemplazo parcial del agua potable por el agua de lavado objeto de estudio. En consecuencia, se formularon tres composiciones de mezcla que mantuvieron constante la cantidad de materiales utilizados, pero variaron en el porcentaje de agua reciclada incorporada, siendo estos del 0 %, 25 % y 35 % en relación con el contenido total de agua en la mezcla de referencia. En total, se prepararon y evaluaron nueve pastones, cada uno con un volumen de 65 dm<sup>3</sup>, tal como se detalla en la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

Cabe destacar que se replicó el proceso de elaboración tres veces para cada nivel de reemplazo, con el propósito de identificar posibles desviaciones o patrones en el comportamiento de las mezclas, lo que posteriormente orientó el enfoque del estudio.

En una primera etapa, el primer pastón se preparó utilizando exclusivamente agua potable obtenida directamente del laboratorio y se denominó "pastón de referencia". En este proceso, los materiales se incorporaron en la hormigonera y se mantuvieron en el proceso de mezclado durante aproximadamente 5 minutos hasta lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, se volcó la mezcla sobre una superficie metálica, y se procedió a medir la temperatura inicial del pastón. Acto seguido, se realizó una prueba de asentamiento mediante el uso del tronco cono de Abrams, de acuerdo con la Norma IRAM 1536. Además, se determinó la densidad aparente o peso unitario volumétrico (PUV) y se midió el contenido de aire utilizando el aparato de Washington, según lo establecido en la Norma IRAM 1602. También se recogieron muestras para determinar el tiempo de inicio de fraguado del mortero de hormigón mediante un penetrómetro ligero tipo resorte, basado en la norma ASTM C403. Al mismo tiempo, se procedió al moldeo de probetas destinadas a ensayos de resistencia a la compresión, conforme a la Norma IRAM 1524.

Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento y las mismas proporciones que el pastón de referencia para la elaboración de los demás pastones, pero con la variante de reemplazar parcialmente el agua de mezclado por el agua en estudio.

Para determinar el tiempo de fraguado del mortero de cada pastón, se tomaron muestras de mortero de cemento que se tamizaron con un tamiz de abertura de 4,75 mm. Luego, se moldearon probetas cilíndricas con dimensiones de 100 mm de diámetro y 100 mm de alto, las cuales se colocaron en una cámara de curado para mantener las condiciones de temperatura y humedad constantes. Para las mediciones de resistencia a la penetración, se utilizó un penetrómetro de hormigón ligero tipo resorte, basado en la norma ASTM C403, considerando que el fraguado inicial se produce cuando la penetración alcanza aproximadamente 35 Kg/m<sup>2</sup>.

Se moldearon triplicados de las probetas cilíndricas de ensayo, y luego se almacenaron en una cámara de curado para la determinación de la resistencia a la compresión a las edades de 7, 28 y 56 días. En total, se moldearon 27 probetas, 9 para cada formulación, divididas en tres edades distintas. Las muestras se sometieron a ensayos de compresión estandarizados de acuerdo con la Norma IRAM 1546.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1. Hormigón en estado fresco

Como se ha indicado previamente, se llevaron a cabo evaluaciones de los parámetros característicos del hormigón en estado fresco. Estos parámetros incluyeron la consistencia, que se determinó mediante la prueba del tronco cono de Abrams, la medición de la temperatura inicial del pastón, la obtención del peso unitario volumétrico (PUV), y la medición del contenido de aire mediante el empleo del aparato de Washington. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de parámetros característicos del hormigón en estado fresco.

Agua Reciclada (RW)	Prueba N°	Asentamiento [cm]		Temperatura H° [°C]		Contenido de Aire [%]		PUV [Kg/m <sup>3</sup> ]	
		Valor	Prom.	Valor	Prom.	Valor	Prom.	Valor	Prom.
RW 0%	1	12,51	15,34	29,00	25,50	2,80	2,37	2354,0	2372,00
	2	18,00		25,20		1,80		2388,0	
	3	15,50		22,30		2,50		2374,0	
RW 25%	1	17,00	18,33	28,70	25,43	2,20	2,33	2365,0	2264,00
	2	20,00		24,60		2,30		2219,0	
	3	18,00		23,00		2,50		2208,0	
RW 35%	1	18,50	21,37	29,10	25,97	2,30	2,17	2388,0	2374,33
	2	24,50		24,50		1,90		2376,0	
	3	21,10		24,30		2,30		2359,0	

La consistencia normal o promedio del pastón, formulado según la dosificación patrón sin la adición de agua reciclada, se sitúa en torno a los 15 cm, como se registra en los informes proporcionados por la empresa, con un margen de variación de aproximadamente  $\pm 3,00$  cm. En la Tabla 6 se puede observar que para todas las formulaciones se obtuvo una variación similar en el asentamiento medido mediante el cono de Abrams, con un valor promedio de 15,34 cm.

Posteriormente, al incorporar un 25 % de agua reciclada en relación al total de agua en la dosificación, se observa una ligera variación en los valores de asentamiento en comparación con la dosificación patrón, con un aumento de aproximadamente +3 puntos de asentamiento y un valor promedio de 18,33 cm.

En el caso de la adición de un 35 % de agua reciclada en relación al total de agua en la dosificación, se observa un aumento significativo en la consistencia de los pastones, con un valor promedio de 21,37 cm en comparación con los 15,34 cm de la dosificación patrón. Esta variación es el doble (+6 puntos de asentamiento medido) en comparación con la incorporación del 25 % de agua reciclada. Los pastones presentaron un aspecto fluido, homogéneo y uniforme, con una leve exudación y presencia de burbujas de aire. Sin embargo, los valores de aire incorporado y la temperatura inicial de elaboración no mostraron variaciones significativas, manteniéndose en un valor promedio de aproximadamente 25,63 °C. El peso unitario volumétrico de los pastones se situó alrededor de los 2336,78 kg/m<sup>3</sup>.

Para determinar el tiempo de comienzo de fraguado, se utilizó un penetrómetro de hormigón ligero tipo resorte, basado en la norma ASTM C403. Como se observa en la Figura 5, en el caso de la dosificación patrón, el fraguado inicial ocurre de manera acelerada después de 240 minutos desde el primer contacto de las partículas de cemento

con el agua, y se alcanzan resistencias superficiales significativas después de 270 minutos desde el mezclado, un comportamiento típico para este tipo de dosificación. Sin embargo, al comparar los tiempos de fraguado de los hormigones con la incorporación de agua reciclada, se evidencia un patrón diferente en el ensayo. El endurecimiento de la superficie se produce de forma gradual y más lenta, alcanzando el comienzo de fraguado después de 330 minutos o más desde el inicio del mezclado.

A partir de los resultados obtenidos, podemos concluir que a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo de agua reciclada, se observa una transición en la consistencia del hormigón, que va desde una característica plástica hacia una más fluida, como se evidencia por el aumento en el asentamiento. Además, se observa un aumento en el tiempo de comienzo de fraguado en comparación con la dosificación base, y esto se mantiene constante para los mismos tiempos de prueba.

Es importante señalar que, de acuerdo con la información recopilada en la literatura consultada, el efecto esperado del incremento de agua reciclada debería ser una reducción en la fluidez del hormigón, debido a la presencia de partículas sólidas y una alta alcalinidad en el agua reciclada. Sin embargo, los resultados experimentales muestran una tendencia contraria, lo que indica la complejidad de las interacciones en el sistema y la necesidad de investigaciones adicionales para comprender completamente estos efectos.

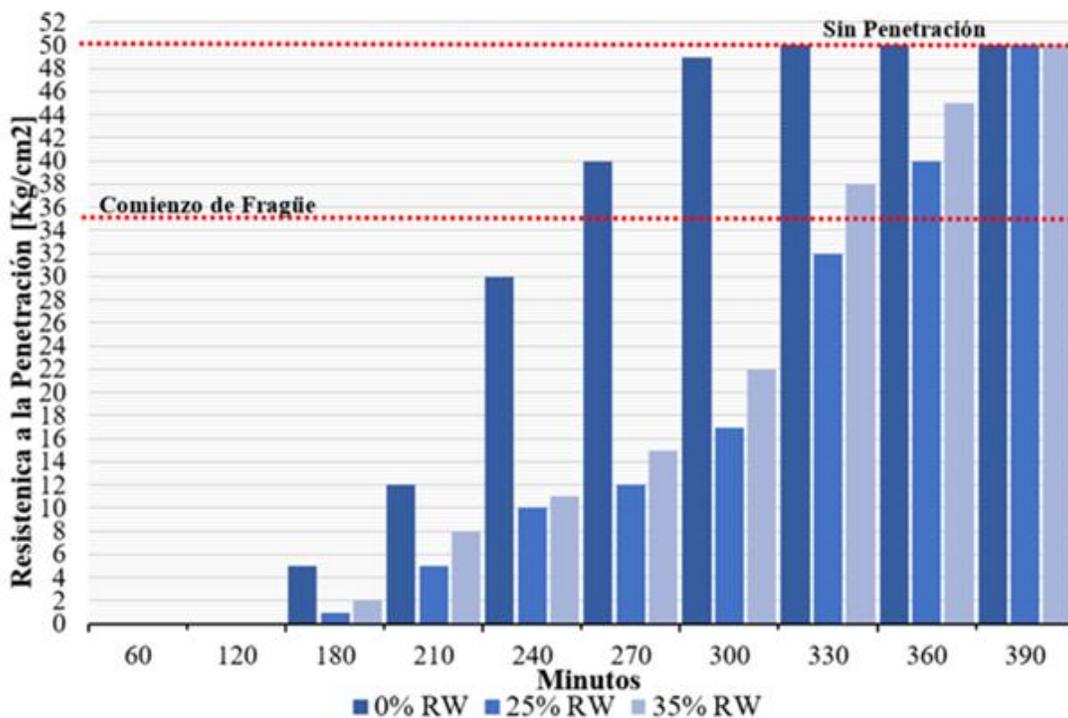


Figura 5. Tiempo de fragüe del hormigón según porcentaje de variación de agua reciclada.

## 2.2. Hormigón en estado endurecido

En la Figura 6 se muestran los valores de la resistencia a la compresión simple de los hormigones con diferentes porcentajes de agua reciclada (0 %, 25 % y 35 %) para las edades de 7, 28 y 56 días. Los valores obtenidos para el hormigón patrón se encuentran dentro del rango de valores reportados por la planta elaboradora. Se observa que, para la edad temprana de 7 días, las resistencias de los pastones elaborados con agua reciclada también presentan un comportamiento similar al hormigón patrón. Sin embargo, a edades posteriores, como 28 y 56 días, se evidencia una disminución en los valores de resistencia a la compresión simple a medida que aumenta el porcentaje de agua reciclada, con una reducción del orden del 10 al 11 %.

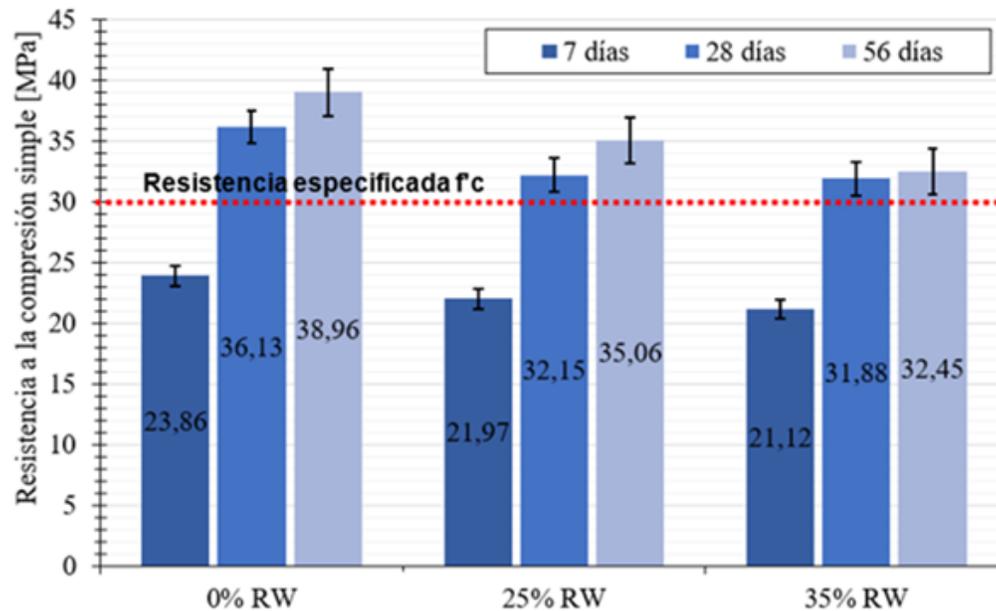


Figura 6. Variación de resistencia a compresión simple según porcentaje de agua reciclada por edades.

Estos resultados indican que la incorporación de agua reciclada en las dosificaciones de hormigón puede tener un impacto negativo en la resistencia a la compresión a largo plazo. Este hallazgo es importante y señala la necesidad de considerar cuidadosamente el porcentaje de agua reciclada en las mezclas de hormigón, especialmente en proyectos que requieran una alta resistencia estructural en el tiempo.

Al examinar los datos, se observa que todas las muestras cumplen con los requisitos de resistencia especificados. Sin embargo, se aprecia una tendencia hacia una disminución de la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de agua residual en la mezcla. En principio, se puede concluir que, para las dosificaciones evaluadas, el agua residual de la empresa puede ser utilizada en la fabricación de estas mezclas comerciales sin que tenga un impacto negativo significativo en su desempeño.

## Conclusiones

Durante el transcurso de esta investigación, se ha emprendido un análisis minucioso del comportamiento de una dosificación de hormigón de tipo patrón o comercial. Se ha explorado en profundidad la variación de sus parámetros característicos, tanto en estado fresco como endurecido, en respuesta a la incorporación de diferentes porcentajes de agua reciclada, la cual proviene del proceso de lavado de camiones mezcladores. Los resultados finales obtenidos han proporcionado una serie de hallazgos significativos que se presentan a continuación:

### I. Modificación de la Consistencia:

Conforme se incrementó gradualmente la cantidad de agua reciclada en las mezclas, se observó un aumento progresivo en el asentamiento, indicando un incremento en la fluidez de la mezcla. Esta variación condujo a una transición desde una consistencia inicialmente plástica hacia una consistencia muy plástica y fluida. Este fenómeno se atribuye en gran medida al elevado pH del agua reciclada, que ejerce una influencia significativa en la reología de las mezclas.

### II. Retraso en el Endurecimiento:

Se ha constatado que el proceso de endurecimiento de la superficie del hormigón se desarrolla de manera más lenta en comparación con la dosificación de referencia. Esto se traduce en que el inicio del fraguado se registra a intervalos de tiempo más prolongados a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de agua reciclada. Aunque se plantea la hipótesis de que la alta alcalinidad del agua reciclada podría estar

contribuyendo a este retraso, se requieren investigaciones adicionales para esclarecer este fenómeno en mayor profundidad.

### III. Resistencia a la Compresión Simple:

En el análisis de las resistencias a la compresión simple, se observó que, para la edad temprana de 7 días, las resistencias de los hormigones elaborados con agua reciclada mostraron un comportamiento similar al del hormigón de referencia. Sin embargo, a medida que se incrementó el porcentaje de agua reciclada, se identificó una tendencia hacia la disminución de los valores de resistencia a la compresión simple. No obstante, es relevante destacar que los hormigones que incorporaron agua reciclada aún exhibieron resistencias a la compresión que se ajustaban a la dosificación de referencia, logrando alcanzar hasta un 88% de la resistencia con un 32% de reemplazo de agua reciclada, satisfaciendo así los requisitos de diseño.

### IV. Compatibilidad de Propiedades Frescas y Endurecidas:

En conjunto, los resultados indican que es factible producir hormigones con un reemplazo parcial de agua potable por agua reciclada, sin que se detecten deterioros significativos en las propiedades en estado fresco o endurecido. Estos hallazgos contribuyen de manera sustancial a la comprensión de la viabilidad de la incorporación de agua reciclada en la industria del hormigón.

En última instancia, estos resultados finales constituyen un fundamento sólido para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la aplicación de agua reciclada en la producción de hormigón.

## Referencias

Asociación de Fabricantes de Cemento Portland AFCP. (2019). "Anuario. Datos estadísticos año 2019". <http://afcp.info/Anuarios/Anuario-2019.pdf>

Asociación Argentina de Hormigón Elaborado AAHE. (2019). "Estadísticas de la Producción de Hormigón Elaborado 2015 al 2019". <https://hormigonelaborado.com/wp-content/uploads/2020/06/ProduccionC3B3n-2019.pdf>

Balzamo, H., Cabrera, O., & et.al. (2012). "Ese material llamado hormigón". Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-21660-5-2

INTI-CIRSOC. (2005). "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón". (INTI, Ed.) Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Obras Públicas de la Nación. Argentina

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. (2012). Norma IRAM 1601: Agua para morteros y hormigones de cemento portland. Buenos Aires. Argentina

Sandrolini, F., & Franzoni, E. (2001). "Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants". Cement and Concrete Research, 31(3), pp. 485-489. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00468-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00468-3)

Paulo Ricardo de Matos, Luiz Roberto Prudêncio Jr., Ronaldo Pilar, Philippe Jean Paul Gleize, Fernando Pelisser. (2020). "Use of recycled water from mixer truck wash in concrete: Effect on the hydration, fresh and hardened properties". Construction and Building Materials, 230. doi: ISSN 0950-0618

# Infiltración de agua de lluvia en mezclas asfálticas porosas

## Rainwater infiltration in porous asphalt mixes

Presentación: 05/10/2023

### **Gustavo Larenze**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
guslarenze@gmail.com

### **María Eugenia Garat**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
eugarat@yahoo.com.ar, eugarat@frcon.utn.edu.ar

### **Ivan Luna**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
ivancdluna@hotmail.com

### **Ignacio Fernandez Müller**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional- Argentina  
nachofernandezmuller@gmail.com

### **Mateo Sastre**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
mateosastre98@gmail.com,

### **Nicolás Farías**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
nicoosofarias1997.nf@gmail.com

### **María Antonella Lopez**

Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
lopezmariaantonella419@gmail.com

### **Resumen**

Esta investigación se orientó al estudio de la infiltración a través de los pavimentos permeables, considerados como sistemas de captación y retención del agua de lluvia para el control de la escorrentía urbana, con el fin de mitigar el efecto de las inundaciones en el entorno urbano. Para profundizar el conocimiento del comportamiento hidráulico de los pavimentos permeables se llevaron a cabo ensayos de medida de la drenabilidad de superficies no colmatadas con permeámetro y ensayos de medida de la capacidad de infiltración y generación de escorrentía en laboratorio con un simulador de lluvia construido en la Regional Concordia, estudiando diferentes pendientes del pavimento y escenarios de colmatación.

**Palabras clave:** mezclas asfálticas porosas, infiltración, superficies permeables, drenaje urbano sustentable.

## Abstract

This study evaluated permeable pavement infiltrations in order to reduce flooding effects in urban areas. These are rainwater collection and retention systems designed to control urban runoff. So as to better understand permeable pavement hydraulic behavior, unclogged surfaces were tested by means of a permeameter to determine their drainability. Using a rain simulator built in UTN Regional Concordia, tests were also carried out in the laboratory to measure infiltration capacity and runoff generation. Different pavement slopes and clogging areas/scenarios were also studied.

**Keywords:** porous asphalt mixes, infiltration, permeable surfaces, sustainable urban drainage.

## Introducción

El sistema de pavimento poroso constituye una variante de las técnicas de infiltración contempladas por los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) o BMPs (Best Management Practices o Buenas Prácticas Ambientales), que promueve el movimiento del agua dentro de las capas situadas bajo la superficie del pavimento. Tiene por finalidad principal la reducción del escurrimiento superficial, además de disminuir el área impermeable directamente conectada, y generalmente presenta mejor eficacia durante precipitaciones de pequeña intensidad (ASCE, 1992). Los pavimentos porosos permiten reducir gastos en obras de drenaje (Broviak, 2005) y mejorar la calidad de estas aguas debido a la captura de sedimentos (Kadurupokune & Jayasuriya, 2009).

Son utilizados principalmente en zonas de alta densidad, donde el espacio es limitado y generalmente en superficies con pendientes menores o iguales al 5% con el propósito de evitar estancamientos de agua en la superficie y dentro de la subbase (Maryland Department of the Environment, 2000). Si bien su uso es más frecuente en estacionamientos y rutas de tránsito liviano (ASCE, 1992), en base a los resultados muy satisfactorios obtenidos de experimentos realizados en Francia desde la década del 80, es posible encontrar este tipo de pavimento también en vías de tránsito medio a alto (CERTU, 1998).

En la República Argentina los antecedentes disponibles son muy escasos, y especialmente en nuestra región (Provincia de Entre Ríos, Corredor del Río Uruguay) no se dispone de información específica.

De acuerdo a (DNV, 2019) se considera que estas mezclas ofrecen las mejores condiciones de seguridad en condiciones húmedas, pese a su relativamente baja durabilidad y requerimientos de mantenimiento.

Las mezclas drenantes fueron empleadas en la Argentina entre 1997 y 2004. La primera mezcla de asfalto poroso se utilizó en en la Autovía 2 Buenos Aires - Mar del Plata en 1997, cubriendo dos calzadas de dos carriles cada una y empleando formulaciones con diferentes ligantes en distintos tramos. Actualmente debido a los numerosos cruces con caminos secundarios presenta problemas de contaminación. Posteriormente se aplicaron en la Autopista La Plata-Buenos Aires (Dock Sud en un tramo de autopista sobre un viaducto), en la Autopista Ezeiza-Cañuelas (2001) y por última vez en la Autopista Illia en el año 2004.

En la Autopista Ezeiza-Cañuelas las mezclas asfálticas porosas fueron rediseñadas incorporando fibras naturales, logrando incrementar el porcentaje de ligante de 4,5% a 5,5% en peso total de la mezcla. En la última mezcla de asfalto poroso adoptada en la Autopista Illia se utilizaron ligantes modificados tipo AM1 con EVA y luego SBS con AM3. (DNV, 2019)

## Desarrollo

Las mezclas asfálticas drenantes utilizadas como carpeta de rodadura, se caracterizan por tener un elevado porcentaje de huecos interconectados (alrededor del 18 al 25%) para permitir el paso del agua superficial y su rápida evacuación hacia las zonas laterales fuera de la calzada. Este elevado porcentaje de vacíos se logra con una granulometría fuertemente discontinua, con reducido contenido de finos, y un porcentaje de agregado grueso del orden del 85%. El contenido de vacíos, entre 15 y 18% lleva a procesos de colmatación rápidos, por lo que actualmente, el mínimo es 20% (Campos Canessa, 2008).

En la República Argentina la Comisión Permanente del Asfalto establece que el porcentaje de vacíos de la mezcla debe ser igual o superior al 20% (CPA, 2015). Según la Dirección Nacional de Vialidad el grado de compactación de la mezcla asfáltica en la obra debe ser tal que los vacíos medios de los testigos correspondientes al lote de obra en estudio se encuentren comprendidos entre el 20% y el 26% (DNV, 2017).

En cuanto a los materiales asfálticos, (CPA, 2015) establece que el ligante a utilizar será del tipo AM2 o AM3 de la Norma IRAM 6596 dependiendo su selección de las condiciones estructurales, de tránsito y de clima.

Según (DNV, 2017), la granulometría de la composición de diferentes fracciones de agregados incluido el filler debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en los husos granulométricos definidos en la Tabla 1, que se representan gráficamente en la Figura 1 (dichos límites corresponden al huso PA-12 de las especificaciones españolas)

Tabla 1. Límites granulométricos mínimos y máximos (DNV, 2017)

Tamices		Tamaño máximo nominal 3/4"	
Designación	mm	Mín	Máx
3/4"	19,10	100	100
1/2"	12,50	70	100
3/8"	9,5	50	80
Nº4	4,75	15	30
Nº8	2,36	10	22
Nº30	600 µm	6	13
Nº200	75 µm	3	6

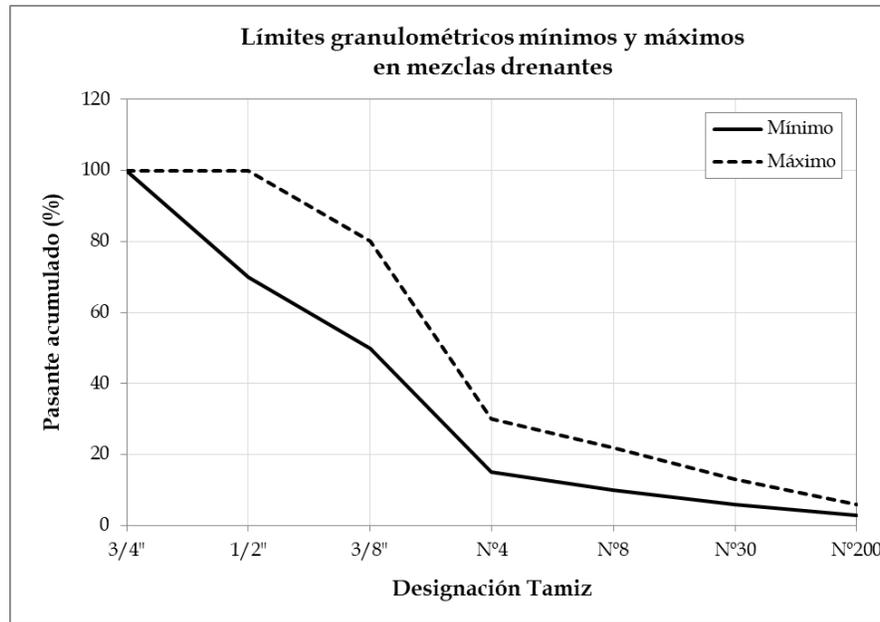


Figura 1. Curvas límites (DNV, 2017)

Para la elaboración de las mezclas se utilizaron agregados de roca basáltica triturada de dos canteras de la zona (Puerto Yerúa y Nueva Escocia próximas a la localidad de Concordia) y cemento asfáltico convencional proporcionado por una empresa local especializada en obras viales. Se realizaron varios ensayos de caracterización de los agregados, entre ellos el ensayo de granulometría para determinar la proporción de los mismos en la mezcla (IRAM 1505), el ensayo de Equivalente de Arena (IRAM 1682), Índice de Lajosidad y Elongación (IRAM 1687 (Parte 1)), Polvo adherido (VN-E68-75), Ensayo de Resistencia al desgaste con la máquina “Los Ángeles” (IRAM 1532) y Durabilidad por inmersión en sulfato de sodio (norma IRAM 1525)

### Cantera 1: Triturado de roca basáltica 6-19 y 0-6

Se realizaron varias dosificaciones (M1 a M4) para definir una mezcla cuya granulometría estuviera comprendida dentro de las curvas límites presentadas en la Tabla 1. Para lograrlo se incorporó un agregado intermedio 6-12 y un pequeño porcentaje de cal, cuyas proporciones se indican en la Tabla 2. Por su ajuste a las curvas límite se optó por trabajar sobre la curva de agregados M4 (Figura 2) con la siguiente proporción: 40% triturado basáltico 6-19, 40% triturado basáltico 6-12, 18% de arena de trituración 0-6 y 2% de cal.

Tabla 2. Granulometría de las mezclas (Cantera 1)

Tamices ASTM		6-19	6-12	0-6	Arena	Cal	M4
Desig.	mm	Pas (%)					
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	45,14	96,10	100,00	100,00	100,00	76,49
3/8"	9,52	33,26	78,56	100,00	100,00	100,00	64,73
N°4	4,75	3,40	7,79	95,24	99,19	100,00	23,62
N°8	2,38	2,41	3,75	60,92	89,72	100,00	15,43
N°30	0,42	2,39	2,73	28,64	73,69	97,70	9,16
N°200	0,074	2,37	1,38	7,01	0,40	80,90	4,38

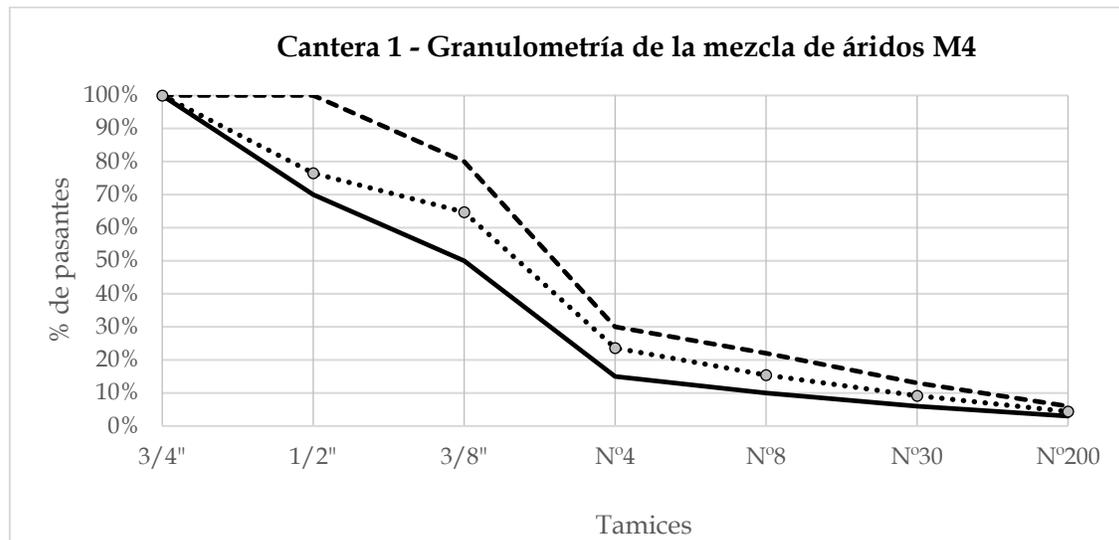


Figura 2. Curva granulométrica de la mezcla de áridos M4 (Cantera 1)

Siguiendo las especificaciones de la norma IRAM 1533, se caracterizaron los agregados de la muestra Muestra M4/6-19 (Basalto), que arrojó los siguientes valores: Peso específico de la muestra saturada y superficie seca (S.S.S.) =  $2,92 \text{ gr/cm}^3$ , Peso específico absoluto de la muestra seca =  $3,01 \text{ gr/cm}^3$ , Absorción de agua =  $1,63\%$ .

También se determinó el porcentaje de equivalente de arena (E.A.) sobre la muestra especificada (Muestra M4 / Arena silíceo) de acuerdo a norma IRAM 1682, obteniendo un valor de E.A.= $76,47\%$ . Los límites establecidos por la norma se encuentran entre  $70\%$  y  $80\%$  y para mezclas drenantes se exige sea mayor a  $50\%$ .

Para mezclas drenantes en la Argentina, el Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV, 2017) exige que cuando la mezcla se aplica a capas de rodamiento, el Índice de lajosidad debe ser menor al  $25\%$ , en cuanto al Índice de elongación no se indican valores de referencia pero establece que su determinación es obligatoria. Empleando el método especificado por la norma IRAM 1687 (Parte 1), se determinaron el Índice de lajosidad de cada fracción de la muestra, el Índice de lajosidad total y el Índice de elongación. El Índice de lajosidad de la muestra representativa de la Cantera 1 es  $IL= 38\%$ , por lo tanto no verifica el límite impuesto por el pliego antes mencionado. Si bien el pliego no establece un límite para el Índice de elongación, el valor obtenido  $IE=74\%$  resulta evidentemente excesivo.

La determinación de polvo adherido de acuerdo a norma VN-E68-75 arrojó un valor de  $1,35 \text{ ml}\%$ , el cual se encuentra en el límite del máximo admisible en agregados gruesos en mezclas drenantes ( $1,2 \text{ ml}\%$ ).

Empleando el método especificado por la norma IRAM 1532 (Ensayo de Resistencia al desgaste con la máquina "Los Ángeles"), se determinó el porcentaje de pérdida por abrasión de la muestra obteniendo un valor del  $21,46\%$ , que excede el valor máximo admitido por Vialidad Nacional para pavimentos asfálticos drenantes ( $20\%$ ) cuando los áridos provienen de yacimientos de tipo basálticos.

El ensayo de durabilidad por inmersión en sulfato de sodio (norma IRAM 1525) sobre la fracción de la muestra de basalto, arrojó un porcentaje de pérdidas de  $0,54\%$ , siendo  $10\%$  el máximo admisible según norma.

## Cantera 2: Triturado de roca basáltica 12-19, 6-12 y 0-6

Se realizaron varias dosificaciones (M1 a M4) para definir una mezcla cuya granulometría estuviera comprendida dentro de las curvas límites presentadas en la Tabla 1, incorporando también un pequeño porcentaje de cal. Se evaluó el comportamiento de las mezclas M2 (Figura 3) con la siguiente proporción: 35% triturado basáltico 12-19, 50% triturado basáltico 6-12, 12 % de arena de trituración 0-6 y 3% de cal y de la mezcla M3 (Figura 4) con la siguiente proporción: 25% triturado basáltico 12-19, 60% triturado basáltico 6-12, 12,5% de arena de trituración 0-6 y 2,5% de cal. En la

Tabla 3 se indican los pasantes por cada tamiz correspondientes a la mezcla compuesta.

El Índice de lajiosidad de la muestra representativa de la Cantera 2 es  $IL=13\%$  verificando los límites establecidos por (DNV, 2017). Internacionalmente, es escasa la bibliografía que especifique valores límites del Índice de elongación mediante el calibre de barras que utiliza la norma IRAM 1687-2, por ello se dificulta la comparación de los índices obtenidos con la experiencia internacional. Aunque la normativa argentina no establece un límite para el Índice de elongación, el valor obtenido  $IE=34\%$  evidencia que el material proveniente de la cantera 2 presenta también una proporción elevada de partículas alargadas.

Al respecto, se resalta que la normativa internacional en general limita los porcentajes de estas partículas mediante la realización del ensayo normalizado ASTM D4794 de partículas planas (Flat) y alargadas (Elongated) (F&E Flat and elongated particles), que cumplen simultáneamente ambas características. De acuerdo (Zhang, y otros, 2020) tanto los Estados Unidos como el Reino Unido adoptan un doble estándar para controlar mejor la forma del agregado grueso. El porcentaje de partículas planas y alargadas debe ser inferior al 5% correspondiente a proporciones de 5:1, y no exceder el 15% (Estados Unidos) y el 20% (Reino Unido) correspondientes a la proporción de 3:1. Japón y Alemania establecen un máximo del 10% de partículas planas y alargadas en agregados gruesos, y toman 5:1 y 3:1 como estándares de referencia.

Tabla 3. Granulometría de las mezclas (Cantera 2)

Tamices		12-19	6-12	0-6	Cal	M2	M3
Desig.	mm	Pas (%)					
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	17,16	98,36	100,00	100,00	70,19	78,31
3/8"	9,52	5,23	83,77	100,00	100,00	58,72	66,57
Nº4	4,75	0,20	2,60	89,13	100,00	15,07	15,25
Nº8	2,38	0,19	0,58	56,11	100,00	10,09	9,91
Nº30	0,42	0,19	0,57	28,79	97,70	6,73	6,43
Nº200	0,074	0,14	0,42	6,29	80,90	3,44	3,10

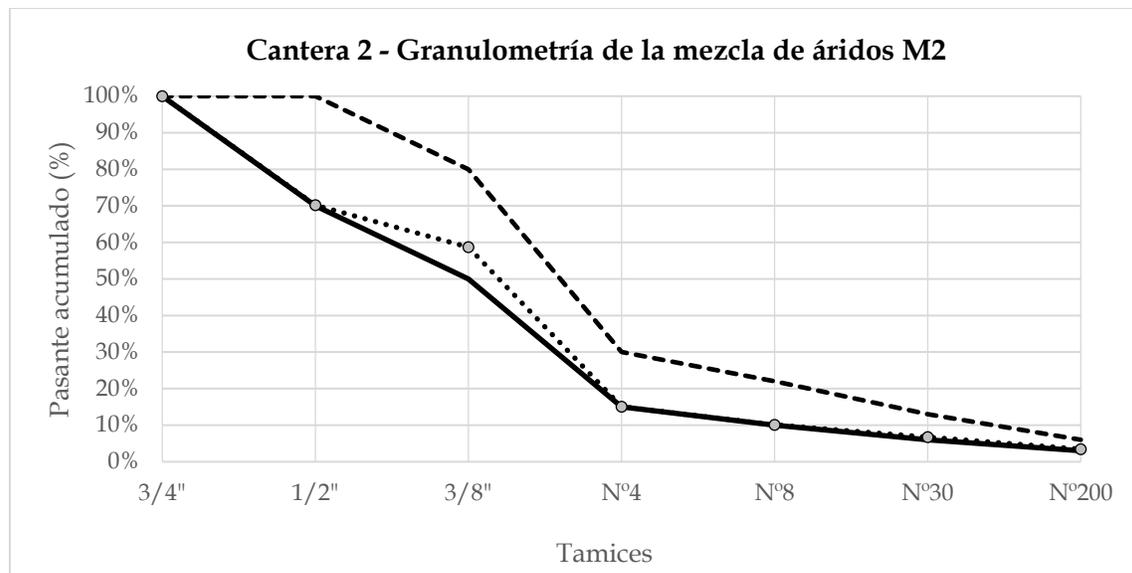


Figura 3. Curva granulométrica de la mezcla de áridos M2 (Cantera 2)

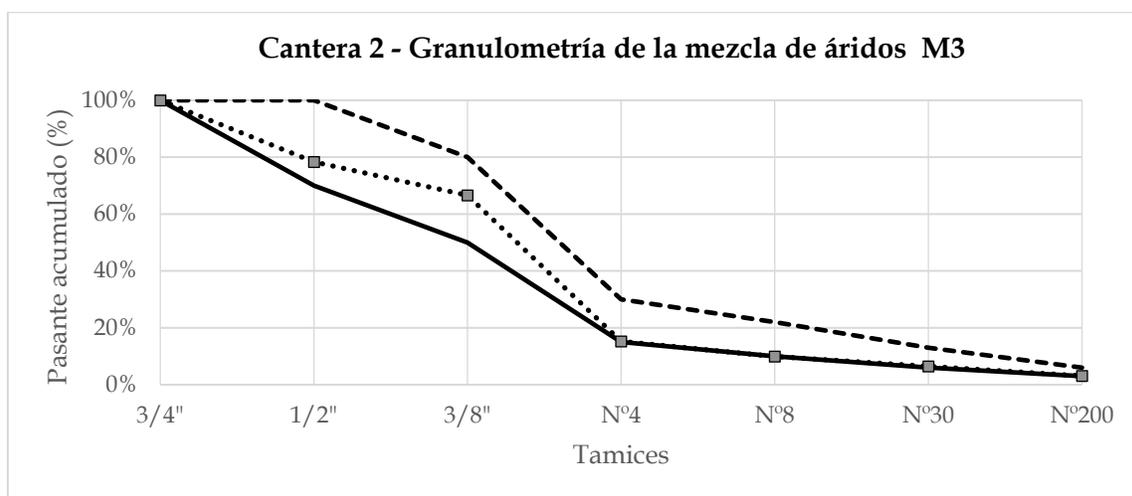


Figura 4. Curva granulométrica de la mezcla de áridos M3 (Cantera 2)

A partir de estos límites, si bien la normativa argentina no establece un límite para el Índice de elongación, el valor obtenido  $IE=34\%$  evidencia que el material proveniente de la cantera 2 también presenta una proporción elevada de partículas alargadas.

El porcentaje de equivalente arena sobre la muestra especificada arrojó un valor promedio de  $30,5\%$ , siendo el valor exigido por Vialidad Nacional superior al  $50\%$  (no verifica). La cantidad de polvo adherido correspondiente a  $100$  grs. del agregado fue de  $1,4$  ml%, el cual se encuentra en el límite del máximo admisible en agregados gruesos en mezclas drenantes:  $1,2$  ml%.

### Ensayos de mezclas asfálticas drenantes

Se procedió a elaborar una serie de probetas con la misma energía de compactación ( $50$  golpes por cara) correspondientes a mezclas con distintos porcentajes de asfalto, para realizar diferentes ensayos, utilizando el Método Marshall según Normas de Vialidad Nacional VN - E9 - 86 (Figura 5).

De acuerdo a (LEMAC, 2002) el contenido mínimo de ligante asfáltico debe asegurar una resistencia adecuada a la desintegración, formando una película espesa para evitar el envejecimiento prematuro y una adecuada resistencia a la acción del agua. El contenido máximo debe asegurar el porcentaje de vacíos requeridos. Los valores usualmente recomendados varían entre 3,5% y 5,5% de ligante. Los ensayos se orientaron a alcanzar porosidades comprendidas dentro de los límites establecidos por la normativa argentina (20% al 27%). La estabilidad Marshall debe ser mayor a 500 Kg, los valores de fluencia deben estar comprendidos entre 2 y 4 mm, y la relación estabilidad/fluencia superior a 2000 Kg/cm.



Figura 5. Ensayo Marshall

En el caso de la Cantera 1, se elaboraron juegos de probetas con 3,5%, 4,0%, 4,5 % y 5% y de asfalto, a las cuales se realizaron ensayos de densidad, estabilidad y fluencia Marshall, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.- Ensayos de resistencia estructural (Cantera 1)

% de Asfalto	Estabilidad (E) (kg)	Fluencia (F) (mm)	E/F (kg/mm)	% de Vacíos
3,50	650	2,70	2407,40	15,60%
4,00	677	3,00	2256,70	12,80%
4,50	681	3,30	2063,60	12,20%
5,00	654	3,35	1952,20	11,90%

Para la curva de agregados M2 de la Cantera 2 se elaboraron juegos de probetas con 3,9%, 4,2 % y 4,5 % de asfalto. Adicionalmente, se utilizó la misma curva con un porcentaje de asfalto de 4,5% y se reemplazó la cal por cemento obteniendo los resultados indicados en la última fila de la Tabla 5 (identificada con \*)

Tabla 5. Ensayos de resistencia estructural M2 (Cantera 2)

% de Asfalto	Estabilidad (E) (Kg)	Fluencia (F) (mm)	E/F (kg/cm)	% de Vacíos
3,90%	414	2,70	1533,30	11,30
4,20%	513	2,80	1832,10	11,20
4,50%	641	2,90	2210,30	11,10
4,50% *	406	3,40	1194,10	13,00
<b>* Reemplazo de cal por cemento</b>				

También se evaluó el comportamiento de la curva granulométrica M3, con la proporción de agregados antes indicada. Se elaboró un juego de probetas con un 3,9 % de asfalto a una temperatura de 155 °C y 50 golpes por cara. Para el mismo porcentaje de asfalto reemplazando la cal por cemento se obtuvieron los valores indicados en la última fila de Tabla 6 (identificada con \*)

Tabla 6. Ensayos de resistencia estructural M3 (Cantera 2)

<b>% de Asfalto</b>	<b>Estabilidad (E) (Kg)</b>	<b>Fluencia (F) (mm)</b>	<b>E/F (kg/cm)</b>	<b>% de Vacíos</b>
3,90%	515	2,6	1980,8	11,80
3,90% *	613	3,0	2043,3	11,80

**\* Reemplazo de cal por cemento**

Como se puede observar, para las distintas mezclas ensayadas los porcentajes de vacíos se ubican en un rango entre 11% y 13%, muy por debajo de los valores de referencia (20% a 27%). En todos los ensayos se observaron desprendimientos de áridos y fracturación de partículas, que en primera instancia fueron atribuidas a la energía de compactación del ensayo Marshall (50 golpes por cara).

Para evaluar la incidencia de la energía de compactación en la integridad de las muestras luego del ensayo Marshall se elaboraron probetas con una energía de compactación menor (20 golpes por cara), repitiéndose el mismo problema de disgregación y fracturación de partículas.

Prosiguiendo con las pruebas de las mezclas con agregados de la cantera 2 (curva M2) se analizó el efecto de utilizar una energía de compactación de 30 golpes por cara, con un porcentaje de asfalto del 3,9% y a una temperatura de 155 °C. Como resultados principales, se obtuvieron un 12,5% de vacíos de la mezcla compactada y un 16% de pérdidas en el ensayo Cántabro. Por último se elaboraron varias mezclas con asfalto modificado, utilizando los agregados de las dos canteras en estudio con porcentajes bajos de asfalto 3,6% y 3,9% y diferentes agregados minerales (cal y cemento) para distintas energías de compactación 50, 30 y 25 golpes por cara.

Los resultados obtenidos mostraron un comportamiento similar a los anteriores, arrojando bajos porcentajes de vacíos (entre el 11% y 13%). Las pérdidas por desgaste mediante el ensayo Cántabro arrojaron valores promedio del 24% para la Cantera 1 y del 18% para la Cantera 2.

Al desmenuzar las probetas de las distintas mezclas realizadas se pudo observar el mismo problema de fracturación de los agregados, aún para aquellas probetas elaboradas con baja energía de compactación (Figura 6).

Para realizar los ensayos de permeabilidad se elaboraron dos losetas de 50 cm x 50 cm de lado y 11 cm de altura representativas de cada una de las canteras. El método de compactación consistió en el empleo de un rodillo de ancho mayor que el de la loseta, de 210 mm de diámetro y 800 mm de largo que se indica en la Figura 7. De cada pastón de 70kg se extrajeron muestras para realizar el ensayo Rice de Densidad máxima teórica de la mezcla, 4 probetas para los ensayos Marshall y dos probetas para realizar los ensayos Cántabro de pérdidas por desgaste. En ambos pastones se adoptó un porcentaje de 3,9% de asfalto convencional y fueron compactadas a 155°C.

Se modificaron ligeramente las dosificaciones de las fracciones de cada cantera, con el objetivo de alcanzar porcentajes de vacíos más elevados que los obtenidos en los ensayos previos. En la Tabla 7 se presentan las dosificaciones adoptadas en los pastones de asfalto poroso utilizados para elaborar las losetas de ensayos de infiltración.



Figura 6. Desprendimiento y fracturación de la superficie de las probetas



Figura 7. Compactación de la losa utilizada en los ensayos de infiltración.

Tabla 7. Dosificaciones de los pastones de losetas para ensayos de infiltración

Cantera 1		Cantera 2	
Fracción	%	Fracción	%
6-19	52	12-19	35
6-12	34	6-12	50
0-6	12	0-6	12
Cal	2	Cemento	3

Los resultados de los ensayos sobre estas mezclas se resumen en la Tabla 8, donde se resalta que en ambos pastones los porcentajes de vacíos de la mezcla (Vacíos de la mezcla compactada V%) arrojaron también valores muy bajos, en torno al 11,5%, por lo cual no pueden considerarse aptas para su uso en mezclas de asfalto poroso.

En cuanto al ensayo Cántabro, el pastón correspondiente a la Cantera 1 arrojó pérdidas por desgaste del 27%, que superan el límite establecido por la normativa argentina (25%), mientras que la muestra correspondiente a la Cantera 2 arrojó pérdidas del 12% manteniéndose dentro del intervalo de pérdidas admisible.

Tabla 8. Resultados de los ensayos de mezclas asfálticas de losetas para ensayos de infiltración

Ensayo	Cantera 1	Cantera 2
Densidad Dm (gr/cm <sup>3</sup> )	2,433	2,413
Estabilidad Marshall (Kg)	582	528
Fluencia (mm)	3	3
Relación Estabilidad Fluencia E/F	1,940	1,760
Vacíos del árido mineral VAM (%)	20,88	21
Vacíos de la mezcla compactada V (%)	11,40	11,60
Relación Betún Vacíos B/V	46	45
Pérdidas por Desgaste Cántabro (%)	27	12

Si bien las curvas granulométricas de las canteras locales se ubicaron dentro de los husos granulométricos límites para mezclas drenantes, todas las probetas elaboradas arrojaron bajos porcentajes de vacíos. Su orden de magnitud está comprendido entre 11% y 13%, muy alejados de los recomendados por la Dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina para mezclas drenantes (20% a 27%).

En todos los ensayos realizados se observó un fenómeno de disgregación del material con fracturación de partículas y exposición de caras sin recubrimiento de ligante, que se presentó incluso en ensayos realizados con menor energía de compactación (25 y 30 golpes por cara en el ensayo Marshall) y en muestras elaboradas con ligante modificado.

Se atribuye este fenómeno a la presencia de elevados porcentajes de partículas lajosas y alargadas en las muestras provenientes de ambas canteras. Estas partículas tienden a romperse fácilmente a lo largo de su menor dimensión durante la compactación, dando como resultado superficies fracturadas libres de asfalto en la mezcla. Según (Zhang, y otros, 2020), este fenómeno puede modificar la granulometría de la mezcla y el contacto entre partículas del árido grueso obstruyendo los poros interconectados. A medida que estas partículas se rompen dan origen a otras más pequeñas y cúbicas que pueden modificar la granulometría de la mezcla, dado que la mayor cantidad resultante de partículas finas rellena los vacíos existentes reduciendo la porosidad. Como consecuencia se

reduce el volumen disponible para que el ligante asfáltico cubra las partículas de agregado, generando inestabilidad de la mezcla y gran sensibilidad ante pequeñas variaciones del contenido de ligante asfáltico. La fracturación de partículas planas y alargadas generará también caras de agregados descubiertas de ligante asfáltico incrementando de este modo los problemas asociados a la durabilidad.

Luego de realizar los ensayos de permeabilidad e infiltración con simulador de lluvia se extrajeron cuatro testigos de cada loseta (Figura 8 y Figura 9), a partir de los cuales se determinaron los siguientes parámetros:

Tabla 9. Resultados de los testigos de losetas de infiltración

Cantera	Testigos	V (%)	VAM (%)	Relación B/V	Dm (gr/cm <sup>3</sup> )	Hprom (cm)
1	5-6-7-8	12,50	21,90	43	2,402	11,30
2	1-2-3-4	12,60	21,90	42,5	2,385	11,20

Puede observarse que el porcentaje de vacíos obtenidos en las dos losetas arroja valores de 12,5% y 12,6%, cuyo orden de magnitud se encuentra muy alejado de los valores recomendados por la normativa argentina para mezclas drenantes.

Presentando el mismo comportamiento que las probetas elaboradas para los ensayos de mezclas asfálticas, el mismo se atribuye a un exceso de partículas lajas y alargadas, siendo necesario en futuras investigaciones la experimentación a mayor escala que incluya nuevos muestreos de áridos locales y la intensificación de la exigencia en cuanto a los requisitos de forma del árido grueso.

La Tabla 10 compara las porosidades de las losetas ensayadas con los correspondientes pesos de arena teóricos y reales necesarios para colmatar completamente los vacíos de la mezcla porosa.

En la columna (2) se indican las porosidades, donde puede observarse que el orden de magnitud de ambas probetas es de 12,50%.

El volumen de vacíos (Vv) en litros se calculó de acuerdo a la Ecuación (1). Estos valores se resumen en la columna (3)

$$Vv = \eta Vt \quad (1)$$

En la columna (5) se indica el peso teórico de arena necesario para colmatar los vacíos de la muestra, los cuales se calcularon considerando un peso unitario compactado de 1504 kg/m<sup>3</sup> obtenido de ensayos físicos sobre las muestras de sedimentos en calles urbanas.

La columna (6) indica el peso real de arena incorporado a cada probeta, los cuales presentan diferencias porcentuales con respecto al valor teórico que se resumen en la columna (7).

Tabla 10. Relación porosidad - peso de arena de colmatación total

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Probeta	Porosidad	Volumen probeta (Vt)	Volumen vacíos (Vv)	Peso Arena		Diferencia peso
	(%)	(litros)	(litros)	Teórico (kg)	Real (kg)	(%)
M1	12,50	27,13	3,39	5,22	5,50	5,30
M2	12,60	26,89	3,42	5,26	4,25	-19,30



Figura 8. Testigos cantera 1



Figura 9. Testigos cantera 2

### Permeabilidad de las muestras limpias y parcialmente colmatadas

La porosidad de la muestra representativa de la cantera 1 es de 12,5% y el peso de arena necesario para colmatarla completamente fue de 5,50 kg, que equivale a cargas de sedimento de 22 kg/m<sup>2</sup>. La muestra 2 tiene una

porosidad de 12,6%, el peso de arena necesario para colmatarse completamente la muestra fue de 4,25 kg, que equivale a cargas de sedimento del orden de 18 kg/m<sup>2</sup>.

En base a los ensayos realizados se determinó que el orden de magnitud de las tasas iniciales de infiltración ( $I_0$  en mm/h) de ambas muestras es de 27.000 mm/h (0,75 cm/s).

Se pudo observar la drástica reducción de la capacidad de infiltración a medida que se incrementa el grado de colmatación de las muestras, hasta aproximarse a tasas de infiltración de muestras completamente colmatadas o Infiltración final  $I_c$  de un orden de magnitud comprendido entre 15 mm/h (cantera 2) y 25 mm/h (cantera 1). Estos valores corresponden al valor medio obtenido de los resultados del obtenidos con simulador de lluvia para pendiente horizontal e intensidades de precipitación de 60, 100 y 140 mm/h.

La relación entre las tasas de infiltración de probetas colmatadas vs probetas limpias ( $I_c/I_0$ ) varía entre 0,06% y 0,09%. Es decir que en ambas muestras la reducción de la capacidad de infiltración debido a la colmatación es superior al 99%. Las tasas de infiltración medias (expresadas en mm/h) de cada escalón de colmatación están resumidas en la Tabla 11 y se representan gráficamente en la Figura 10.

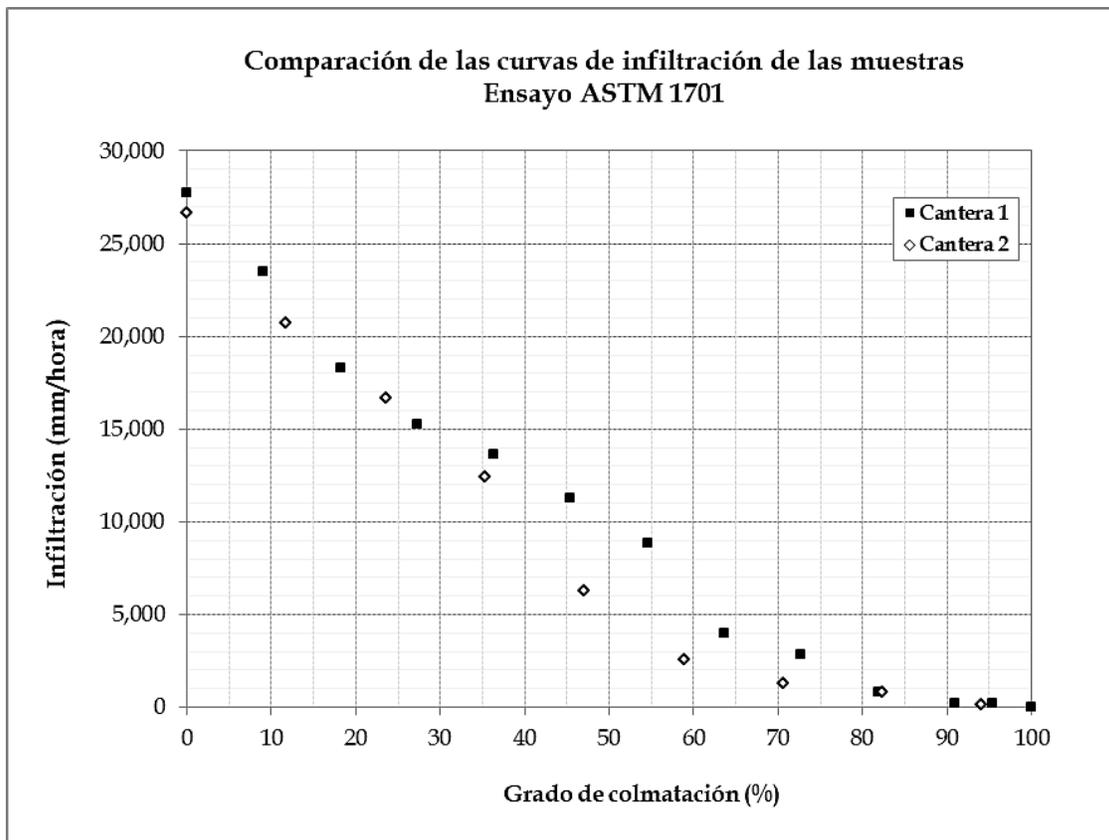


Figura 10. Comparación de las curvas de infiltración en función del grado de colmatación

Tabla 11. Tasas de infiltración de las muestras de asfalto poroso (mm/h)

Peso arena (Kg/m <sup>2</sup> )	Grado de colmatación		Tasa de Infiltración (mm/h)	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
0,00	0,0	0,0	27704	26635
0,50	9,1	11,8	23463	20694
1,00	18,2	23,5	18260	16699
1,50	27,3	35,3	15252	12434
2,00	36,4	47,1	13628	6283
2,50	45,5	58,8	11260	2593
3,00	54,5	70,6	8820	1303
3,50	63,6	82,4	4021	846
4,00	72,7	94,1	2875	156
4,50	81,8	105,9	833	15
5,00	90,9		204	
5,25	95,5			
5,50	100,0		25	

### Tasas de infiltración de probetas colmatadas

A medida que progresa el proceso de colmatación del asfalto poroso la capacidad de infiltración se reduce drásticamente hasta alcanzar valores cuyo orden de magnitud es inferior a la intensidad de tormenta, incrementándose las tasas de escorrentía superficial. Para cuantificar la magnitud de las tasas de infiltración ante variaciones de la intensidad de lluvia y de la pendiente del pavimento, se llevaron a cabo ensayos con simulador de lluvia, adoptándose intensidades de 60 mm/h, 100 mm/h y 140 mm/h, e inclinaciones del simulador de 0%, 2%, y 4%.

Se adoptó una duración total de ensayo de 20 minutos, registrando las tasas de infiltración y escorrentía cada 2 minutos mediante dos balanzas de alta precisión para registrar los pesos recolectados en el recipiente totalizador inferior (infiltración) y en la bandeja recolectora de escorrentía superficial. Previo a la realización del ensayo propiamente dicho, se adoptó un tiempo de humedecimiento y saturación de las muestras de 10 minutos.

En cada intervalo de tiempo se calcularon las tasas de infiltración (I en mm/h) y escorrentía (Q en mm/h), de acuerdo a Ecuación (2) y (3) respectivamente.

$$I = \frac{V_i}{t} \frac{1}{A} \quad (2)$$

$$Q = \frac{V_q}{t} \frac{1}{A} \quad (3)$$

Siendo:

$V_i$ : volumen infiltrado acumulado hasta el tiempo t (litros)

$V_q$ : volumen de escorrentía acumulado hasta el tiempo t (litros)

t: duración analizada (expresada en horas)

A: área de la probeta (0,25 m<sup>2</sup>)

El volumen total recolectado ( $V_t$ ) determina la tasa de precipitación total (Ecuación (4)). De este modo, la intensidad real ( $ir$  en mm/h) que suministra el caudalímetro se calculó como la suma de ambas fracciones, según Ecuación (5).

$$V_t = V_i + V_q \quad (4)$$

$$ir = I + Q \quad (5)$$

Debido al tipo de caudalímetro utilizado (flotómetro de regulación manual) la intensidad registrada ( $ir$ ) arroja una diferencia o error ( $e$ ), de acuerdo a Ecuación (6), con respecto a la intensidad esperada ( $ie$ ).

$$e = \frac{ir - ie}{ie} \quad (6)$$

Se realizaron varios ensayos hasta obtener errores menores al 5% con respecto a la intensidad esperada obteniendo valores del error que en general se mantuvieron por debajo del 2%. Para analizar los resultados de los ensayos con simulador de lluvia se seleccionaron aquellos que cumplieran este requisito.

En la Figura 11 se representa el conjunto de valores obtenidos en los 54 ensayos realizados con simulador de lluvia (540 intervalos de tiempo registrados) para las muestras representativas de las Canteras 1 y 2. Dado que las porosidades de ambas muestras tienen un orden de magnitud de 12,5%, sus resultados se agruparon en un mismo gráfico.

En el eje de abscisas se representan las intensidades reales de precipitación ( $ir$ ), las cuales se agrupan en torno a las intensidades esperadas  $ie = 60, 100$  y  $140$  mm/h, pudiendo observarse una tendencia general a la reducción de las tasas de infiltración ante incrementos de la intensidad de lluvia. Si bien los resultados de los ensayos arrojan

En cuanto a los efectos de un incremento de la pendiente del pavimento, la hipótesis asumida inicialmente consiste en una reducción de la infiltración al aumentar la pendiente. Del examen de la Figura 11 puede observarse que esta hipótesis se verifica parcialmente, presentando diferencias en el caso particular de la pendiente del 2%, que se atribuye a reacomodamientos del material granular al aumentar la inclinación del simulador de lluvia.

Debería realizarse una serie de ensayos a mayor escala para poder definir un patrón de comportamiento, presentándose en esta instancia los siguientes valores de referencia para las tasas de infiltración de las muestras representativas de las canteras estudiadas (porosidad 12,5%) obtenidos del conjunto de ensayos en el rango de intensidades analizadas:  $I_{\min} = 7,20$  mm/h,  $I_{\text{prom}} = 18,7$  mm/h,  $I_{\max} = 36$  mm/h.

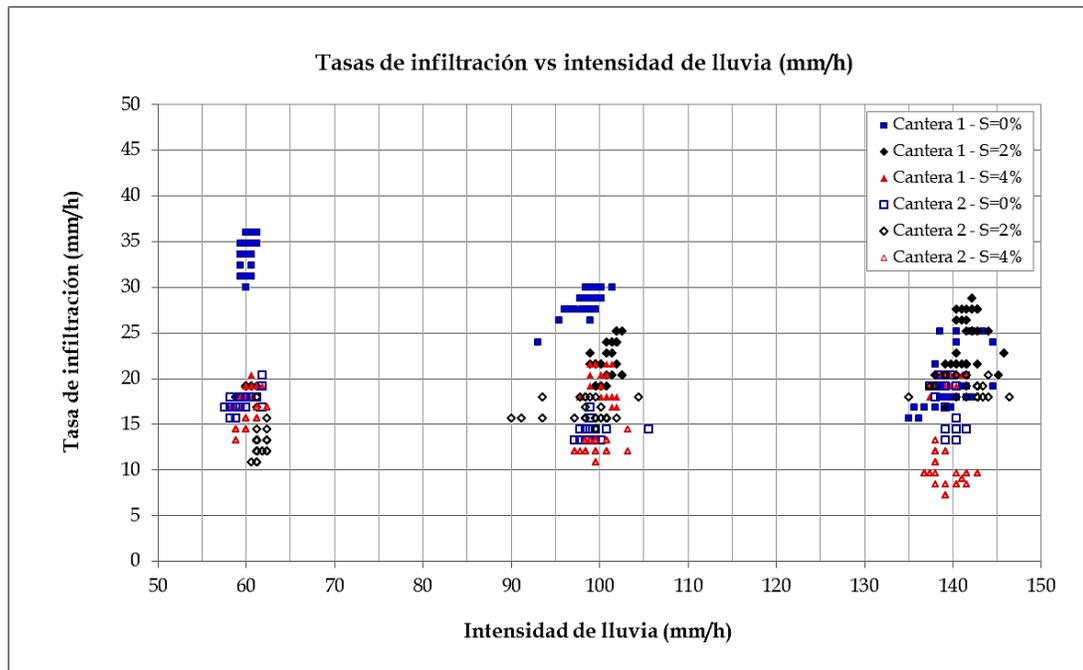


Figura 11. Tasas de infiltración de probetas colmatadas - Porosidad de las muestras: 12,5%

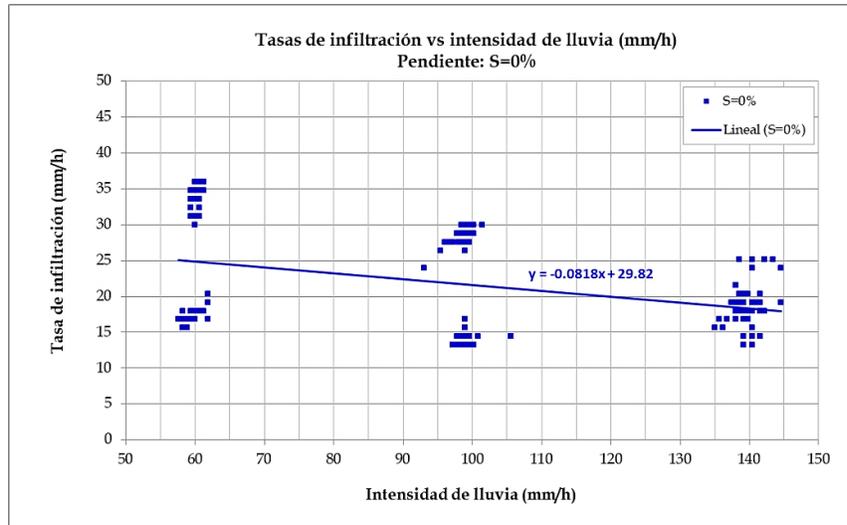
Para facilitar la comprensión de los resultados de la Figura 10, los mismos se desagregaron considerando las tres pendientes ensayadas, los cuales se presentan en Figura 12.

Para pendientes horizontales del pavimento, según se observa en la Figura 12 a, las tasas de infiltración se reducen al aumentar la intensidad de lluvia. La serie de ensayos realizados con simulador de lluvia arrojaron los siguientes valores:  $I_{mín}=13,20$  mm/h,  $I_{prom}= 21,7$  mm/h,  $I_{máx}=36$  mm/h. Se presenta también el ajuste a una línea de tendencia que evidencia dicho decrecimiento.

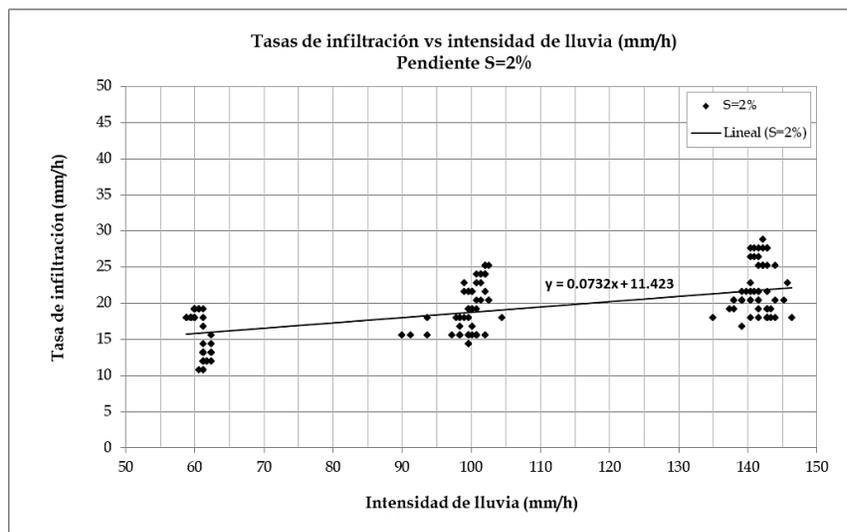
En el caso de la pendiente del 2% (Figura 12 b) no se verifica dicha tendencia, siendo atribuible este comportamiento al acomodamiento del material granular al aumentar la pendiente del simulador de lluvia. Las tasas de infiltración obtenidas del conjunto de mediciones arrojaron los siguientes valores característicos:  $I_{mín}=10,80$  mm/h,  $I_{prom}= 28,8$  mm/h,  $I_{máx}=18,8$  mm/h, evidenciando reducciones de la tasa de infiltración al aumentar la pendiente del pavimento.

Las tasas de infiltración obtenidas para la inclinación del pavimento del 4% (Figura 12 c) confirman la tendencia a experimentar reducciones ante aumentos de la intensidad de lluvia, obteniéndose los siguientes valores representativos:  $I_{mín}=7,20$  mm/h,  $I_{prom}= 21,6$  mm/h,  $I_{máx}=15,8$  mm/h.

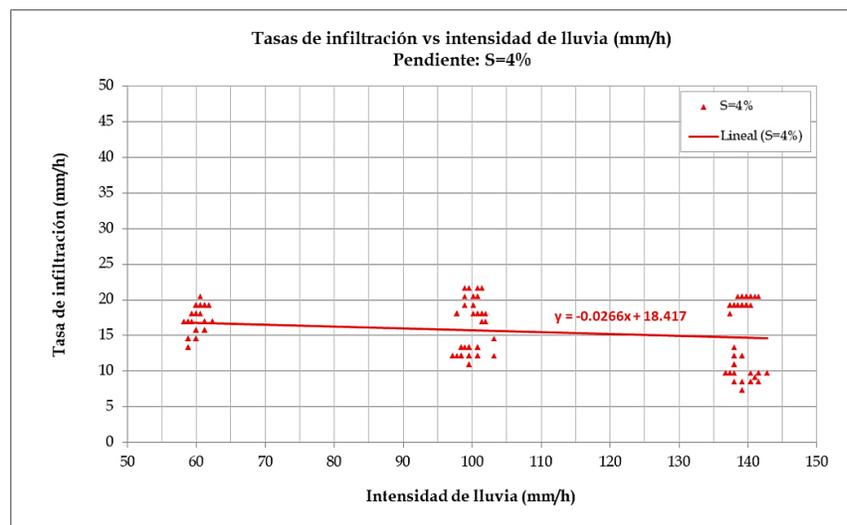
La representación de la tendencia general de los resultados obtenidos se obtuvo promediando los valores instantáneos obtenidos en cada ensayo realizado con simulador de lluvia. En la Tabla 2 se resumen los resultados de cada ensayo, que corresponden al promedio de los valores registrados en una duración total de 20 minutos de cada ensayo. En la columna 1 se indica la denominación de cada ensayo, y en la columna 2 la pendiente del pavimento (en %). La intensidad esperada (en mm/h) y la intensidad real promedio del ensayo se ubican en las columnas 3 y 4 respectivamente. Las tasas de infiltración medias de cada ensayo corresponden a la columna 5, y la proporción entre la tasa de infiltración y la intensidad real del ensayo en la columna 6. Por último, para cada pendiente se promediaron los valores de las intensidades reales, de las tasas de infiltración y de la infiltración relativa de ambas muestras representativas de las dos canteras, cuyos valores se resumen en las columnas 7, 8 y 9.



a. Pendiente S=0%



b.- Pendiente S=2%



c.- Pendiente S=4%

Figura 12. Variación de las tasas de infiltración de probetas colmatadas con la intensidad de lluvia y pendiente del pavimento.

Tabla 12. Resultados globales de los ensayos de infiltración con simulador de lluvia

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Ensayo	Pendiente (%)	ie (mm/h)	ir (mm/h)	I (mm/h)	I/ir (%)	ir media (mm/h)	I media (mm/h)	I/ir (medio) (%)
SM1- 28	0	60	60.3	35.3	58.5	59.7	25.3	42.2
SM1- 29	0	60	59.9	32.5	54.3			
SM1- 30	0	60	60.1	32.5	54.1			
SM2- 1	0	60	59.2	16.9	28.6	60.6	15.7	26.0
SM2- 2	0	60	58.4	16.3	27.8			
SM2- 3	0	60	60.5	18.0	29.7			
SM1- 37	2	60	59.8	18.6	31.1	60.3	16.9	28.0
SM1- 38	2	60	59.9	18.5	30.9			
SM1- 39	2	60	59.6	18.4	30.8			
SM2- 10	2	60	61.7	12.1	19.6	98.8	21.1	21.4
SM2- 11	2	60	61.3	13.6	22.1			
SM2- 12	2	60	61.4	13.3	21.7			
SM1- 46	4	60	60.5	18.8	31.1	99.8	19.0	19.0
SM1- 47	4	60	60.1	18.5	30.7			
SM1- 48	4	60	59.9	18.0	30.0			
SM2- 19	4	60	61.3	16.3	26.6	99.8	15.7	15.7
SM2- 20	4	60	60.4	15.4	25.4			
SM2- 21	4	60	59.4	14.3	24.0			
SM1- 31	0	100	98.8	28.6	28.9	99.8	18.7	13.4
SM1- 32	0	100	98.5	28.8	29.2			
SM1- 33	0	100	97.4	27.5	28.2			
SM2- 4	0	100	100.3	14.6	14.6	141.4	21.6	15.3
SM2- 5	0	100	98.9	13.6	13.7			
SM2- 6	0	100	98.8	13.4	13.6			
SM1- 40	2	100	101.9	23.8	23.3	139.6	14.7	10.6
SM1- 41	2	100	100.1	22.2	22.2			
SM1- 42	2	100	100.4	19.6	19.5			
SM2- 13	2	100	99.8	15.7	15.7	139.3	14.7	10.6
SM2- 14	2	100	98.8	17.4	17.6			
SM2- 15	2	100	97.6	15.4	15.7			
SM1- 49	4	100	100.3	20.9	20.8	141.4	21.6	15.3
SM1- 50	4	100	101.3	17.8	17.5			
SM1- 51	4	100	98.5	18.2	18.5			
SM2- 22	4	100	100.3	13.1	13.0	139.3	14.7	10.6
SM2- 23	4	100	98.4	12.4	12.6			
SM2- 24	4	100	100.0	11.8	11.8			
SM1- 34	0	140	140.9	23.8	16.9	141.4	21.6	15.3
SM1- 35	0	140	141.0	18.2	12.9			
SM1- 36	0	140	137.9	17.0	12.4			
SM2- 7	0	140	140.2	14.4	10.3	141.4	21.6	15.3
SM2- 8	0	140	139.0	19.2	13.8			
SM2- 9	0	140	138.6	19.4	14.0			
SM1- 43	2	140	142.4	23.5	16.5	141.4	21.6	15.3
SM1- 44	2	140	141.8	27.2	19.2			
SM1- 45	2	140	140.4	21.4	15.2			
SM2- 16	2	140	143.2	18.2	12.7	139.3	14.7	10.6
SM2- 17	2	140	141.1	19.1	13.5			
SM2- 18	2	140	139.8	20.4	14.6			
SM1- 52	4	140	140.3	19.8	14.1	139.3	14.7	10.6
SM1- 53	4	140	139.3	19.7	14.1			
SM1- 54	4	140	138.3	19.4	14.1			
SM2- 25	4	140	138.1	11.5	8.3	139.3	14.7	10.6
SM2- 26	4	140	138.7	9.4	6.7			
SM2- 27	4	140	141.0	8.6	6.1			

Los resultados indicados en la Tabla 12 se representan gráficamente en la Figura 13, donde puede observarse con mayor claridad la reducción de la infiltración ante incrementos de la intensidad de lluvia, así como su reducción ante incrementos de la pendiente. Para una intensidad de lluvia 60 mm/h, la infiltración varía entre el 42 y el 28% de la precipitación total. Para 100 mm/h los porcentajes varían entre 21 y 16%, mientras que para la máxima intensidad ensayada ( $i_e=140$  mm/h) los porcentajes varían entre 11 y 13% del total precipitado.

Puede observarse que los valores más elevados (entre 13% y 42% de la intensidad de lluvia) corresponden a la pendiente horizontal del pavimento. Para pendientes del 2% se observa una reducción de las tasas de infiltración (entre 15% y 26%). En el caso de la máxima pendiente ensayada (4%) las tasas de infiltración se ubican entre 11% y 28% del total precipitado

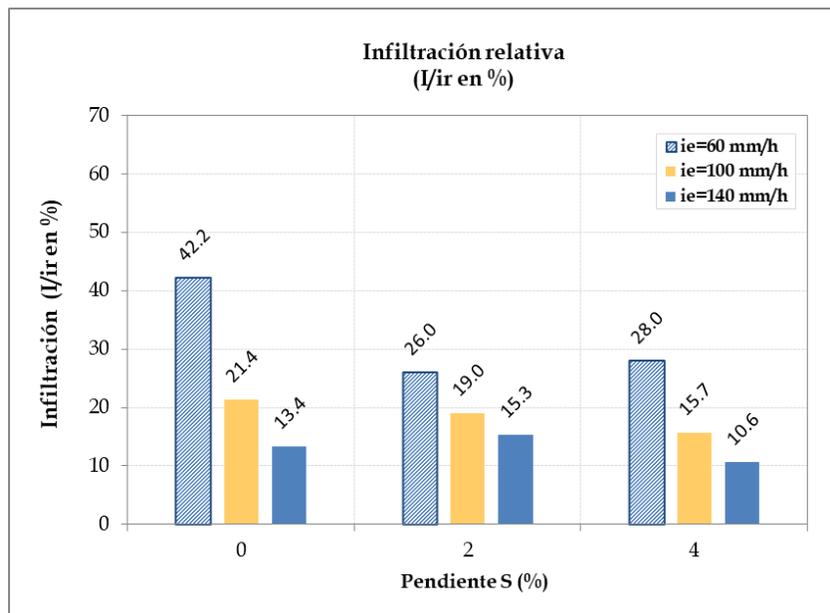


Figura 13.- Variación de la infiltración relativa (I/ir en %)

La reducción de la infiltración por efecto de la pendiente, denominada  $\Delta i_s$  (%) se indica en la Tabla 13 y se calculó para cada intensidad esperada, como diferencia entre el parámetro I/ir correspondiente a la pendiente analizada y el respectivo valor para pendiente nula. En el caso de  $i_e=60$  mm/h las tasas se reducen entre 14% y 16% al aumentar la pendiente. Para  $i_e=100$  mm/h la reducción varía entre 2% y 6% mientras que para  $i_e=140$  mm/h las tasas de infiltración experimenta una reducción máxima del 3%.

Tabla 13. Variación de la infiltración con la pendiente

Pendiente (%)	$i_e$ (mm/h)	$i_r$ media (mm/h)	$I$ media (mm/h)	I/ir (medio) (%)	$\Delta i_s$ (°)
0	60	60	25	42	
2	60	61	16	26	-16
4	60	60	17	28	-14
0	100	99	21	21	
2	100	100	19	19	-2
4	100	100	16	16	-6
0	140	140	19	13	
2	140	141	22	15	2
4	140	139	15	11	-3

La variación de las tasas de infiltración con la intensidad de precipitación total, denominada  $\Delta I_i$  (%) se calculó para cada pendiente, como diferencia entre el parámetro  $I/ir$  correspondiente a la intensidad analizada y el respectivo valor para una intensidad esperada de 60 mm/h. La mayor reducción de las tasas de infiltración corresponden a una pendiente horizontal: cuando la intensidad aumenta de 60 mm/h a 100 mm/h la infiltración se reduce un 21%, mientras que al aumentar la precipitación a 140 mm/h la infiltración se reduce un 29%. Para pendientes del 2% el incremento de la intensidad de lluvia se asocia a reducciones de entre 7 y 11% y para pendientes del 4% la infiltración se reduce entre 12 y 17%.

Tabla 14.- Variación de la infiltración con la intensidad de lluvia

Pendiente (%)	ie (mm/h)	ir media (mm/h)	I media (mm/h)	I/ir (medio) (%)	$\Delta I_i$ (%)
0	60	59,7	25,3	42	
0	60	60,6	15,7	21	-21
0	60	60,3	16,9	13	-29
2	100	98,8	21,1	26	
2	100	99,8	19,0	19	-7
2	100	99,8	15,7	15	-11
4	140	139,6	18,7	28	
4	140	141,4	21,6	16	-12
4	140	139,3	14,7	11	-17

## Conclusiones

A partir de los ensayos realizados sobre mezclas asfálticas porosas empleando áridos provenientes de canteras cercanas a la ciudad de Concordia se pueden establecer las siguientes conclusiones acerca de los materiales disponibles localmente.

En cuanto a las pérdidas por desgaste de las mezclas asfálticas mediante el ensayo Cántabro la normativa argentina establece un máximo del 25%. En los ensayos realizados se alcanzaron valores ligeramente superiores en el caso de la Cantera 1 (del orden del 27%), y valores aceptables en el caso de la cantera 2 (12%).

Si bien las curvas granulométricas de las canteras locales se ubicaron dentro de los husos granulométricos límites para mezclas drenantes, todas las probetas elaboradas arrojaron bajos porcentajes de vacíos. Su orden de magnitud está comprendido entre 11% y 13%, muy alejados de los recomendados por la Dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina para mezclas drenantes (20% a 27%).

En todos los ensayos realizados se observó un fenómeno de disgregación del material con fracturación de partículas y exposición de caras sin recubrimiento de ligante, que se presentó incluso en ensayos realizados con menor energía de compactación (25 y 30 golpes por cara en el ensayo Marshall) y en muestras elaboradas con ligante modificado.

Se atribuye este fenómeno a la presencia de elevados porcentajes de partículas lajosas y alargadas en las muestras provenientes de ambas canteras. Estas partículas tienden a romperse fácilmente a lo largo de su menor dimensión durante la compactación, dando como resultado superficies fracturadas libres de asfalto en la mezcla. Según (Zhang, y otros, 2020), este fenómeno puede modificar la granulometría de la mezcla y el contacto entre partículas del árido grueso obstruyendo los poros interconectados. A medida que estas partículas se rompen dan origen a otras más pequeñas y cúbicas que pueden modificar la granulometría de la mezcla, dado que la mayor

cantidad resultante de partículas finas rellena los vacíos existentes reduciendo la porosidad. Como consecuencia se reduce el volumen disponible para que el ligante asfáltico cubra las partículas de agregado, generando inestabilidad de la mezcla y gran sensibilidad ante pequeñas variaciones del contenido de ligante. La fracturación de partículas planas y alargadas generará también caras de agregados descubiertas incrementando los problemas asociados a la durabilidad.

Para mezclas drenantes se exige que el índice de lajosidad sea menor a 25%, en cuanto al Índice de elongación no se indican valores de referencia pero establece que su determinación es obligatoria. El Índice de lajosidad de la cantera 1 es  $IL=38\%$  por lo tanto no verifica el límite impuesto por las especificaciones de la Dirección Nacional de Vialidad. Si bien el pliego no establece un límite para el Índice de elongación, el valor obtenido  $IE=74\%$  resulta evidentemente excesivo. El Índice de lajosidad de la cantera 2 es  $IL=13\%$  verificando el límite establecido. Internacionalmente, es escasa la bibliografía que especifique valores límites del Índice de elongación mediante el calibre de barras que utiliza la norma IRAM 1687-2, por ello se dificulta la comparación de los índices obtenidos con la experiencia internacional. Aunque la normativa argentina no establece un límite para el Índice de elongación, el valor obtenido  $IE=34\%$  evidencia que el material proveniente de la cantera 2 presenta también una proporción elevada de partículas alargadas.

Al respecto, se resalta que la normativa internacional limita los porcentajes de estas partículas mediante la realización del ensayo normalizado ASTM D4794 de partículas planas (Flat) y alargadas (Elongated) (F&E Flat and elongated particles), que cumplen simultáneamente ambas características. De acuerdo (Zhang, y otros, 2020) tanto los Estados Unidos como el Reino Unido adoptan un doble estándar para controlar mejor la forma del agregado grueso. El porcentaje de partículas planas y alargadas debe ser inferior al 5% correspondiente a proporciones de 5:1, y no exceder el 15% (Estados Unidos) y el 20% (Reino Unido) correspondientes a la proporción de 3:1. Japón y Alemania establecen un máximo del 10% de partículas planas y alargadas en agregados gruesos, y toman 5:1 y 3:1 como estándares de referencia.

Si bien los porcentajes de vacíos no pudieron aproximarse a los valores requeridos para mezclas drenantes, los ensayos realizados pueden ser utilizados como punto de partida para futuras dosificaciones que incluyan nuevos muestreos de áridos y experimentación a mayor escala, intensificando la exigencia en cuanto a los requisitos de lajosidad y elongación del árido grueso.

Se analizó el comportamiento hidráulico de dos muestras de asfalto poroso elaboradas con áridos provenientes de dos canteras locales, con una porosidad del orden de 12,5%.

Para cuantificar la variación de la capacidad de infiltración se realizaron 44 ensayos de permeabilidad según norma ASTM C1701, sobre muestras de asfalto poroso con grados crecientes de colmatación.

Una vez alcanzada la colmatación total de las muestras, las mismas fueron ensayadas en simulador de lluvia. Se realizó un total de 54 ensayos sobre dos probetas de 49cm x 49cm, cuantificando la magnitud de las tasas de infiltración y escorrentía, y su comportamiento en función de la variación de la pendiente y de la magnitud de la intensidad de lluvia. La pendiente se modificó en incrementos del 2% ( $S=0\%$ , 2%, 4%), y se analizaron intensidades de precipitación de 60 mm/h, 100mm/h y 140 mm/h. La variación de la tasa media de infiltración en función de la pendiente se denominó  $\Delta I_s$  (%), mientras que la variación en función de la intensidad de lluvia fue designada como  $\Delta I_i$  (%).

En base al análisis de estos resultados pueden resumirse las siguientes conclusiones: para muestras representativas de canteras locales cuya porosidad media es del 12,5%, la variación de las tasas de infiltración en

función del grado de colmatación obtenida a partir del ensayo de permeabilidad ASTM C1701 comprende un amplio rango de permeabilidades cuyo orden de magnitud varía entre 27.000 mm/h (0,75 cm/s) en muestras limpias hasta 20 mm/h (promedio de ambas canteras) en pavimentos completamente colmatados. La carga de sedimento requerida para la colmatación total de las muestras alcanzó un promedio de 20 kg/m<sup>2</sup>.

En base a la serie de ensayos con simulador de lluvia de las muestras completamente colmatadas, el orden de magnitud de la tasa de infiltración  $I_c$  varía entre 7 y 36 mm/h, con un valor medio de referencia de 19 mm/h, dependiendo su magnitud de la pendiente y de la intensidad de lluvia.

Se observa una disminución de la capacidad de infiltración con la pendiente  $\Delta I_s$  (%), de hasta un 16% para el rango de pendientes analizadas. Al incrementarse la intensidad de lluvia, se presentan reducciones de la tasa de infiltración  $\Delta I_i$  (%) comprendidas entre 7% y 29% en el rango de pendientes analizado.

Las futuras investigaciones deberían incorporar una serie de ensayos a mayor escala, y adaptar el método de compactación para incorporar un rango más amplio de porosidades en el caso de las probetas cuadradas.

En base a los resultados obtenidos el progreso completo del fenómeno de colmatación del pavimento poroso por aportes de sedimentos genera tasas finales de infiltración iguales o inferiores al 1% del valor inicial correspondiente a muestras limpias. De allí, la importancia de adecuada limpieza y mantenimiento periódicos de este tipo de material.

## Agradecimientos

A los becarios Adolfo Anzardi, Alfredo Paredes, Luciano Torres Sceola y Sol Rosatelli. A los ingenieros Gerardo Sasso, Alberto Palacio y Martín Wendler.

## Referencias

- ASCE. (1992). Design and construction of urban stormwater management systems. New York.
- Broviak, P. (2005). Pervious pavement: naturally absorbent. Public Works, 34-38.
- Campos Canessa, J. (2008). "Seguimiento y Comparación del Comportamiento de Tramos con Mezcla Drenante, según Zona Geográfica y Condiciones Locales". Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- CERTU. (1998). Techniques alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial. Lyon: CERTU/CETE Sud-Ouest.
- CPA. (2015). "Pliego de especificaciones técnicas Generales para mezclas asfálticas en caliente gruesas". Buenos Aires: Comisión Permanente del Asfalto de la República Argentina.
- DNV. (2017). "Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente del tipo Drenantes" Edición 2017. Buenos Aires, Argentina.: Dirección Nacional de Vialidad. Ministerio de Transporte. Presidencia de la Nación.
- DNV. (2019). "Guía de Buenas Prácticas para el Control de Calidad de Mezclas Asfálticas y Aplicaciones Bituminosas". Buenos Aires, Argentina: Vialidad Nacional de la República Argentina.

Kadurupokune, N., & Jayasuriya, N. (2009). Pollutant load removal efficiency of pervious pavements: is clogging an issue? *Water Science & Technology*. WST 60.7 IWA Publishing.

LEMAC. (2002). "Nuevas Mezclas II". La Plata: Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata - Laboratorio de Estudio de Materiales de Construcción (LEMAC).

Maryland Department of the Environment. (2000). "Maryland Stormwater Design Manual". Maryland Department of the Environment Water Management Administration.

Zhang, Z., Sha, A., Liu, X., Luan, B., Gao, J., Jiang, W., y otros. (2020). "State of the art of porous asphalt pavement: Experience and considerations of mixture design". *Construction and Building Materials*(262), 28.



# JorCyTec 2023

Jornadas de Ciencia y Tecnología  
Facultad Regional Conocordia  
3, 4 y 5 de octubre de 2023