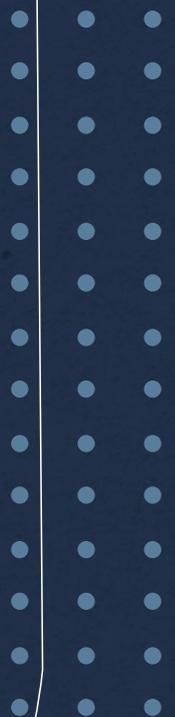
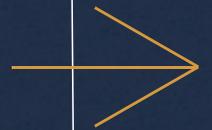




# Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

Conocimiento activo para construir  
ciudades más sostenibles - **Volumen II**





# MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA INGENIERÍA URBANA

Conocimiento activo para construir  
ciudades más sostenibles - **Volumen II**

- Mg. Fabio Miguel Petrecca
- Mg. Dayana Pulido Ortega
- Mg. Enzo Vergini

Di Costa, Gustavo

Maestría en planificación y gestión de la ingeniería urbana : conocimiento activo para construir ciudades más sostenibles / gustavo di costa ; compilación de luis perri (h). - 2a ed compendiada. -

Ciudad autónoma de buenos aires : consejo profesional de ingeniería civil, 2023.

Libro digital, docx - (maestría en planificación y gestión de la ingeniería urbana).

Archivo Digital: online

ISBN 978-987-48999-0-3

1. Ingeniería Civil. I. Luis Perri (h), comp. II. Título.

CDD 624.07

## **MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA INGENIERÍA URBANA**

### **Conocimiento activo para construir ciudades más sostenibles - Volumen II**

Mg. Fabio Miguel Petrecca

Mg. Dayana Pulido Ortega

Mg. Enzo Vergini

#### **Edición**

Arq. Gustavo Di Costa

#### **Diseño Gráfico**

Catalina Gotelli y Juan M. Fortin

#### **Imagen de tapa**

DCV Soledad Zecca

Esta publicación ha sido elaborada por el CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (CPIC) en el marco de su estrategia de divulgación de temáticas de interés para la industria de la construcción y la sociedad en su conjunto.

La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, requerirá autorización expresa del editor. Queda hecho el depósito que establece la Ley N° 11.723.

Un considerable esfuerzo en tiempo, dedicación y capacidad profesional ha sido aplicado a la redacción de este libro. El lector acepta y comprende que no se ha expresado ni está implícita ninguna garantía del autor ni del CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (CPIC) sobre los resultados de aplicar las consideraciones incluidas en el texto. El lector reconoce explícitamente que asume la responsabilidad de las aplicaciones inspiradas en el contenido de este libro y que debe verificar la realidad y seguridad de las mismas.

Publicado en formato digital

Febrero 2023


**ÍNDICE**

Agradecimientos .....	.06
<i>Ing. Civil Luis E. Perri</i>	
Prólogo .....	.07
Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana	
<i>Ing. en Construcciones Alejandra Raquel Fogel</i>	
Presentación .....	.09
Economía, sociología y desarrollo eco-sustentable en la Ingeniería Urbana	
<i>Dr. Ing. Alejandro J. Sarubbi</i>	
Introducción .....	.11
Aportes para alcanzar mejores calidades de vida	
<i>Ing. Civil Jorge D. Kornitz</i>	
Tesis 1: Vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento .....	.13
<i>Autor: Mg. Fabio Miguel Petrecca</i>	
<i>Director de Tesis: Ing. Jorge Kornitz</i>	
<i>Codirector: Ing. Ernesto Selzer</i>	
Tesis 2: Gestión del riesgo de desastres en la planificación urbana regional, considerando la variabilidad climática (aumento de lluvias y olas de calor). Estudio de caso región del Sumapaz, Cundinamarca, Colombia .....	.46
<i>Autora: Mg. Dayana Pulido Ortega</i>	
<i>Director de Tesis: Dr. Ing. Alejandro Sarubbi</i>	
Tesis 3: Optimización del uso de los recursos hídricos para la integración del abastecimiento urbano y actividades de hidrofracturación. Caso de análisis: localidad de Añelo y zona aledaña a la formación Vaca Muerta, Neuquén, Argentina. ....	.77
<i>Autor: Mg. Enzo Vergini</i>	
<i>Director de Tesis: Msc. Ing. José María Regueira</i>	
Acerca de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana .....	.117
Acerca de los Autores .....	.120
Autoridades del CPIC .....	.122

## → AGRADECIMIENTOS

*El dictado de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, pionera en su especialidad en la Argentina, completa un vacío claramente percibido en los ámbitos vinculados con las problemáticas urbanas, con especial participación de la ingeniería en la resolución de las mismas.*

*De esta manera, se brinda a la sociedad el bagaje científico y técnico de la ingeniería urbana, como efectivo aporte tendiente a la construcción de óptimas condiciones de vida para nuestra sociedad.*

*Dicha Maestría se dicta en el marco de un acuerdo alcanzado entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y nuestro Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC).*

*En este contexto, la Comisión de Publicaciones del CPIC impulsó el presente libro: “Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana: Conocimiento activo para construir ciudades más sostenibles. Volumen II”, el cual presenta tres interesantes trabajos de Tesis desarrollados por Magísteres de la mencionada Maestría.*

*Nuestro especial reconocimiento al Mg. Fabio Miguel Petrecca, a la Mg. Dayana Pulido Ortega y al Mg. Enzo Vergini, por su valioso aporte al sintetizar sus trabajos de manera comprometida y profesional.*

*En paralelo, agradezco especialmente a los integrantes del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC), por el esfuerzo puesto de manifiesto en el presente texto.*

*Finalmente, reconocemos el trabajo de redactores, diseñadores e ilustradores, quienes brindaron sus talentos en esta obra.*

*A todas y todos, muchas gracias.*

**Ing. Civil Luis E. Perri**

Presidente del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC)

Verano de 2023

## → PRÓLOGO

### Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

*Al recordar la historia de la creación de nuestra Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, celebramos el acuerdo oportunamente suscripto con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), instituciones las cuales colaboraron conjuntamente con el Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC), en la elaboración del plan de estudios y la preparación de la correspondiente documentación formal para la aprobación y consecuente firma del Convenio Marco, acaecido en el año 2012.*

*De esta forma, se dio inicio al dictado de la mencionada Maestría en el año 2013, desarrollándose en forma ininterrumpida hasta la fecha.*

*Su plan de estudios abarca áreas del conocimiento las cuales no han particularizado una específica indagación durante el ciclo de grado, como, por ejemplo, las ciencias sociales (derecho, economía, sociología, entre otras), imprescindibles en la actualidad para liderar proyectos de planificación urbana, en toda su complejidad y dimensión.*

*De esta forma, el primer ciclo de la Maestría, denominado de “Formación General”, brinda las bases conceptuales para comprender los procesos y alcances socioeconómicos presentes en el planeamiento, desarrollo y gestión de los sistemas urbanos. Se suceden así asignaturas como Sociología urbana y desarrollo sustentable, Creación y desarrollo de ciudades, Territorio y gestión ambiental, por solo citar algunas de ellas.*

*El segundo ciclo enfatiza el conocimiento de los procesos de planificación y gestión de las ciudades, desde una específica mirada ingenieril, donde la estructuración de una política de tierras y vivienda, con una visión amplia de su impacto en el proceso vital de la organización social, aporta una particular importancia; pero también, analizando temáticas relativas al saneamiento, la gestión de cuencas, el abastecimiento de agua, la hidráulica urbana, los proyectos viales y el transporte.*

*El tercer nivel, relativo a las “Áreas de planeamiento urbano”, amplía conceptos sobre la base de seminarios optativos, responsables de aportar los elementos necesarios con vistas a la elaboración de la correspondiente Tesis por parte de los maestrandos. La misma se lleva a cabo a través de dos cursos (Tesis 1 y Tesis 2), orientando el proceso de elaboración de la Tesis en todas sus etapas.*

*Aprobadas la totalidad de las asignaturas del plan de estudios y la Tesis, se obtiene el título de “Magister en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, otorgado por las Universidades participantes. Este título no agrega incumbencias al título de grado, pero brinda testimonio de la capacitación del Magister en esta compleja especialidad.*

*De esta manera, se complementan los específicos saberes impartidos en la carrera de grado, a partir de este posgrado capaz de capacitar a los asistentes para comprender la problemática del funcionamiento integral de las ciudades, desarrollar procesos de investigación en áreas específicas de planeamiento y gestión, coordinar y gerenciar programas de desarrollo urbano, proponer alternativas tecnológicas, de procedimiento y mejoramiento, capaces de favorecer la sustentabilidad y una óptima calidad de vida para quienes las habiten.*

*En suma, los profesionales participantes en la Maestría se encontrarán suficientemente preparados para asesorar a instituciones públicas y privadas, con idoneidad y responsabilidad social.*

*Este segundo texto sobre la “Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana”, editado por el Consejo Profesional de Ingeniería Civil, reafirma la visión de quienes, en los pasos preliminares a su concreción, vislumbramos la posibilidad de superar una carencia recurrente: la falta de ingenieros civiles, y otros profesionales afines, con formación urbanística para desempeñarse en tareas de planeamiento y gestión relacionadas con la creación y desarrollo de ciudades, y en particular, con la infraestructura urbana.*

*Los resultados obtenidos han sido más que auspiciosos. Los trabajos de Tesis seleccionados para formar parte de este Volumen II, conforman un fiel reflejo de dichos logros.*

**Ing. en Construcciones Alejandra Raquel Fogel**

Vicepresidenta del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC)

Verano de 2023

## → PRESENTACIÓN

### **Economía, sociología y desarrollo eco-sustentable en la Ingeniería Urbana**

*Las ciudades del siglo XXI demandan proyectos de ingeniería urbana integrales, ecoeficientes, materializables, y fundamentalmente, que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.*

*Para lograr dichos objetivos, las ciudades deben contar con políticas de planificación a corto, mediano y largo plazo, desafiando un proceso creativo sobre las necesidades actuales y proyectando las del futuro, incluyendo la incorporación de tecnología en los usos y costumbres urbanos.*

*Las ciudades deben ocuparse de los problemas, anticipándose a los mismos, basados en el conocimiento compartido de impactos y oportunidades de mejora. Para ello, resulta imprescindible pensar y trabajar, orgánicamente, en la reducción de los consumos del agua potable; el manejo adecuado de los efluentes, mediante plantas de tratamiento las cuales suscriban normas sustentables y de desempeño energético (ISO 50001); reduciendo la huella de carbono de sus actividades (emisiones de CO<sub>2</sub>); empleando fuentes de eficiencia energética y de energías renovables; con un sistema de recolección de cantidades mínimas de residuos, después de las etapas de aplicación de la gestión 4Rs; incentivando la movilidad humana por sobre el transporte privado y público; y generando más pulmones verdes, con la consecuente aireación saludable.*

*La ciudad de Buenos Aires, tomada como caso testigo, muestra una serie de desafíos a resolver. Por un lado, se trata de una de las urbes con más elevados niveles en relación al servicio de agua potable y saneamiento, contando con una dotación de 300 litros por persona por día, mientras comparativamente, Tokio solo destina 80 litros/hab/día. Otra deuda pendiente de parte de la ciudad de Buenos Aires es la gestión de sus residuos sólidos urbanos, a partir de un estudio de la minimización de su generación, optimización de su segregación, y creación de energía sustentable a partir de su degradación.*

*En este escenario, los nuevos perfiles profesionales actualmente en formación, deben abordar una visión multidisciplinar, capaz de integrar diferentes ramas de las ciencias, inclusivas de la ingeniería civil y la arquitectura, pero demandantes al mismo tiempo, de una visión capaz de comprender al desarrollo sustentable, la economía, la psicología urbana, la sociología y la ecoeficiencia de los procesos sociales.*

*En esa línea de pensamiento, para mejorar la educación y formación de profesionales, nuestra Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, dictada desde el año 2013 con el auspicio del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC), en acuerdo con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), fue acreditada ante la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) con el máximo nivel académico.*

*Entre sus aspectos más relevantes se encuentran las políticas de viviendas de interés social, el marco legal motor del crecimiento urbano, la disposición de recursos económicos, la planificación de las cuencas hidráulicas urbanas, las redes de infraestructura y sus interferencias actuales y futuras, la sistematización de los procesos simbióticos socio-culturales, las viviendas sociales, los códigos urbanísticos que contemplan al habitante además del territorio, la génesis del tejido urbano como base del conocimiento e innovación permanentes.*

*El valor agregado de esta Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, radica en brindar al profesional una formación amplia e integral, abarcando además de técnicas de planificación sustentable, herramientas de gestión socio-ambiental, concibiendo entornos amigables de vivienda a la población, basados en usos y costumbres específicos, desafiando al conocimiento actual y provocando la innovación participativa y ecoeficiente.*

*La carrera es dictada por un equipo de destacados profesionales con una amplia trayectoria, tanto en el ámbito académico como en la actividad pública y privada (704 horas más Tesis y su defensa).*

*Entre sus egresados y actuales estudiantes, se encuentran Ingenieros Civiles, Ingenieros en Construcciones, Ingenieros Viales, Ingenieros Hidráulicos, Ingenieros en Vías de Comunicación, Ingenieros Agrimensores, Agrimensores, Arquitectos y graduados de otras disciplinas afines.*

*Las Tesis que forman parte del volumen II de la colección: "Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana: Conocimiento activo para construir ciudades más sostenibles", demuestran el compromiso de sus maestrandos autores respecto de los conocimientos adquiridos.*

*Todos quienes compartimos este desafío, sentimos el orgullo de aportar a la formación integral de nuestros profesionales, siendo así capaces de aplicar los saberes incorporados para el beneficio de nuestras ciudades, mejorando la calidad de vida de sus habitantes, e imaginando y materializando el país y la región del futuro, en forma planificada y sustentable.*

**Dr. Ing. Alejandro J. Sarubbi**

Director Académico de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, FIUBA, UTN, CPIC  
Verano de 2023

## → INTRODUCCIÓN

### Aportes para alcanzar mejores calidades de vida

*La Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana asume como objetivo complementar la formación de los ingenieros civiles, viales, en construcciones e hidráulicos, junto a otras disciplinas afines, en una visión holística de la problemática urbana.*

*Resulta perjudicial para nuestra sociedad desaprovechar el enorme potencial de estas profesiones en la conformación del hecho urbano, resultando necesario complementar las herramientas de formación básica con otros saberes que permitan comprender cabalmente, con una concepción integradora, los complejos procesos intervinientes.*

*Atento a ello, el Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC) tomó la iniciativa de crear la primera Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, convocando a referentes de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), ambas casas de estudios especializadas en carreras de posgrado, para trabajar con el fin de desarrollar el programa y los contenidos de la mencionada carrera, los cuales fueron puestos a consideración de los Consejos Directivos de las Facultades y Consejos Superiores de ambas Universidades.*

*De esta manera, las Universidades participantes y el CPIC, asumieron como un deber insoslayable, la ampliación de las formaciones ingenieriles proporcionadas por las carreras de grado, a partir de la incorporación de temáticas provenientes de otras disciplinas.*

*El programa de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, presenta una innovadora propuesta: el estudio de los sistemas de infraestructura urbana, a partir de la integración de las temáticas del transporte, del saneamiento, del ambiente, de la industria, de la vivienda, entre muchos otros.*

*La propuesta hace hincapié en el desarrollo de una perspectiva estratégica, superadora de la coyuntura, capaz de evaluar alternativas y coordinar, en la dirección adecuada, el conjunto de factores incidentes en la ciudad.*

*Los Ingenieros Civiles, Ingenieros en Construcciones, Ingenieros Viales, Ingenieros Hidráulicos, Ingenieros en Vías de Comunicación, Ingenieros Agrimensores, Agrimensores, Arquitectos y otros profesionales con formaciones equivalentes, graduados en Universidades Nacionales argentinas, poseen una sólida base tecnológico-científica necesaria para concebir, diseñar y ejecutar todos aquellos elementos inherentes al hábitat urbano.*

*¿Quiénes mejor capacitados para dimensionar redes de servicios, analizar condiciones del suelo, verificar situaciones hidrológicas, en fin, participar en forma protagónica de proyectos y planes*

*transformadores, aportando desde la solidez de su formación tecnológica, soluciones eficaces y eficientes a la problemática urbana?*

*Los tres trabajos que a continuación se presentan, en el segundo volumen de esta colección de textos, ofrecen las miradas de sus autores, en temáticas abarcadas en la Maestría como temas de Tesis para la finalización de sus estudios.*

*Los temas tratados avizoran soluciones, con la misma avidez que las demandadas son impulsadas por la sociedad.*

**Ing. Civil Jorge D. Kornitz**

Presidente Honorario del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC)

Verano de 2023



# VIVIENDA SOCIAL SUSTENTABLE Y DE BAJO MANTENIMIENTO

Autor: Mg. Fabio Miguel Petrecca  
Director de Tesis: Ing. Jorge Kornitz  
Codirector: Ing. Ernesto Selzer

01.  
TESIS

## → INTRODUCCIÓN

Las viviendas sociales han sido construidas a lo largo de la historia, con el objetivo de garantizar el derecho a una vivienda digna, para las familias de menores ingresos. Al encontrarse dirigida a sectores de la población con escasos recursos económicos, debe asegurarse que los trabajos necesarios para el mantenimiento, a lo largo de su vida útil, se reduzcan al mínimo.

El consumo energético durante la construcción y supervivencia de la vivienda, debe reducirse al mínimo, para transformarse en una alternativa que pueda ser considerada como verdaderamente sustentable. La arquitectura sustentable, como solución al problema de la vivienda social, se convierte en una contribución a la restricción del daño ambiental, al ahorro de los recursos naturales no renovables y al mejoramiento de los espacios habitables.

El objetivo general de esta Tesis consiste en estudiar la aplicación de nuevas tecnologías y la elección de materiales de construcción, los cuales consideren la ecología y el medio ambiente; para realizar viviendas económicas y de bajo mantenimiento, según estándares del siglo XXI; obteniendo como resultado de la investigación que: “Las viviendas sociales del futuro deberán ser: sustentables y de bajo mantenimiento”.

Desde el punto de vista específico, se ha intentado alcanzar los siguientes objetivos:

- > Identificar las necesidades mínimas de habitabilidad demandadas por este tipo de soluciones habitacionales reconocidas como “vivienda social”.

- > Evaluar los materiales involucrados en la construcción de viviendas sociales, como uno de los aspectos más relevantes, en cualquier proyecto el cual involucre soluciones habitacionales a largo plazo, para las personas de menores recursos.

- > Identificar la importancia de la reducción del consumo de energía y la utilización de energías no contaminantes, como parte de los objetivos básicos, para la construcción de viviendas sociales en el siglo XXI.

- > Estudiar las soluciones habitacionales de vivienda social a implementarse en el futuro, para que resulten definitivas, concluyendo que las soluciones transitorias; no brindan respuestas habitacionales dignas, ni mucho menos, permanentes.

- > Identificar los inconvenientes generados en la implementación de planes de vivienda social de la Ciudad de Buenos Aires, que no tuvieron en cuenta los costos de mantenimiento, asociados a la vida útil de los materiales y tecnologías prescritas en su construcción.

## DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación, se desarrolla dentro del marco descriptivo y exploratorio. Se definió como el problema de esta investigación la vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento. Los aspectos metodológicos implementados para el desarrollo de este trabajo de Tesis, abarcaron los siguientes temas:

- > Criterios Teóricos, sobre cómo debería ser una vivienda, para ser considerada Sustentable y de Bajo Mantenimiento.

- > Se analizaron en particular, algunas Viviendas Sociales existentes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA); que han sido construidas a través de los planes implementados por los distintos gobiernos nacionales y municipales.

- > Se llevó a cabo un estudio de los proyectos, los materiales empleados, la infraestructura de servicios, los costos de construcción y los costos de mantenimiento; y con esa información, se elaboró un diagnóstico de situación.

- > Finalmente, se redactaron las conclusiones y se elaboró el Informe Final.

## ANÁLISIS HISTÓRICO

Durante los últimos ochenta años, el Estado Nacional ha intervenido en la problemática habitacional, a través de diferentes acciones, tendientes a satisfacer la demanda de vivienda, de los sectores sociales más desfavorecidos.

Una de las formas en las que se produjo esta intervención, fue mediante la construcción de grandes conjuntos urbanos. Dichos conjuntos, inmersos actualmente en una serie de conflictos sociales, legales-administrativos, técnicos-constructivos, urbano-ambientales y económico-financieros; constituyen un patrimonio construido y financiado por toda la sociedad, el cual debe recuperarse tanto desde el punto de vista del tejido social, como en sus aspectos constructivos, para mejorar el hábitat de sus residentes.

Si bien la temática de la vivienda de interés social y sus estrategias de intervención, han sido objeto de numerosos análisis, son relativamente escasos en nuestro país los estudios y proyectos que proponen la rehabilitación de los conjuntos habitacionales.

La generación de la vivienda social, en nuestro país, y en particular, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde hemos realizado el análisis para esta Tesis, presenta pocas variaciones a lo largo del tiempo, y se ha centralizado en la construcción, a través de los planes de vivienda nacionales y municipales.

A lo largo del tiempo, se han sucedido numerosos planes de vivienda, que han procurado brindar solución a gran cantidad de familias con problemas habitacionales.

Actualmente, se puede observar, cada uno de los proyectos de construcción de vivienda con fines sociales implementados, encontrándose los resultados ante la vista de todos.

Cualquier observador puede recorrer los diferentes complejos habitacionales existentes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y comprobar el estado en que se encuentran; la degradación, falta de mantenimiento,

deficiencias constructivas y de proyecto, son algunas de sus falencias, que no deberían seguir produciéndose, en la construcción de viviendas sociales para las futuras generaciones.

El deterioro de la vivienda de interés social es el resultado de la acción de diferentes factores, responsables de provocar la degradación de los materiales: bióticos, climáticos, antrópicos, económicos, todo lo cual, ocasiona una disminución en la durabilidad de las construcciones, en la estética original de los edificios, y como consecuencia, en la calidad de vida de los usuarios.

Esto también, puede provocarse por fallas en el proceso de producción y uso, generalmente asociadas a errores de proyectos, fallos de ejecución, mal uso y ausencia de mantenimiento, y defectos en los materiales empleados.

En varios conjuntos habitacionales, se puede apreciar una rápida degradación y pérdida del valor patrimonial. El abandono de los espacios comunes y la ausencia de un adecuado mantenimiento de los elementos exteriores, como de los componentes internos de cada unidad, son manifestaciones visibles de los citados deterioros.

A lo enunciado, se agregan los defectos constructivos (vicios ocultos), que después de cierto tiempo de uso suelen manifestarse, y que, en relación con la escala de los conjuntos, sus ocupantes no pueden resolver.

La situación del deterioro, tanto físico como social, en la cual se encuentra gran parte del parque habitacional, requiere de intervenciones tendientes a su mejoramiento. Dichas acciones vienen desarrollándose en forma permanente a través de los años, como una alternativa para evitar la demolición y el traslado de las familias residentes, lo que resultaría más costoso respecto de la rehabilitación y el posterior mantenimiento en el largo plazo.

Además del costo económico, resulta imprescindible evaluar el costo social del traslado eventual de las fami-

lias, al retirarlas de su medio natural (lugar de trabajo, colegios, vecindario, etc.).

En muchos casos, la existencia de complejos habitacionales de grandes dimensiones, solo contribuyó a la ruptura de la trama urbana, siendo la principal causa de la falta de integración de estos conjuntos con su entorno inmediato.

## CASOS DE ESTUDIO

En el presente trabajo, se efectuó una descripción detallada de algunos complejos de vivienda existentes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, utilizados como casos de estudio:

- > Complejo Habitacional Cte. Luís Piedrabuena.
- > Complejo Habitacional Villa Soldati.
- > Complejo Habitacional Barrio Gral. Savio-Lugano I y II.
- > Viviendas Unifamiliares-Conjunto Los Andes.

En los primeros tres conjuntos, el proyecto privilegió el número de viviendas realizadas, aprovechando la mejor ocupación del terreno con las nuevas viviendas sociales, para dar solución habitacional a la mayor cantidad posible de familias.

Un caso totalmente diferente resulta, al analizar el Conjunto Los Andes; donde las viviendas no superan los tres pisos de altura, respetándose una tipología edilicia que no tuvo en cuenta el aprovechamiento del terreno, desde el punto de vista de la cantidad de viviendas a construir, sino otros conceptos más interesantes, proponiendo una intervención diferente: "...cuando la idea está centrada en el Ser Humano y su desarrollo como persona, garantizando su hábitat y la integración con la sociedad".

Está claro que son dos tipos de soluciones habitacionales bien diferenciadas, donde la cantidad de viviendas

construidas en los primeros tres casos, implican necesariamente, una enorme cantidad de beneficiarios, sin comparación posible con el último caso, si solo se analiza la superficie construida en relación al terreno ocupado.

Sin embargo, se intenta poner de manifiesto en esta Tesis, la sustentabilidad de ambas propuestas, la de los primeros tres casos y la descripta en último término.

Como bien se expresa en el Informe: Programa de Rehabilitación y Puesta en Valor de Conjuntos Urbanos, realizado por la Defensoría del Pueblo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires<sup>1</sup> "Gran parte de los testimonios de los habitantes de estos complejos habitacionales que presentaron sus denuncias en esta Defensoría del Pueblo pusieron en resalto el proceso de deterioro prematuro que sufrieron estos edificios. Los reclamos en este sentido, no solo se vincularon con las fallas en la construcción de estos Conjuntos Urbanos; sino también con los retrasos, los incumplimientos respecto al equipamiento e infraestructura y la distancia existente entre los lineamientos de los planificadores de la administración pública y las empresas, y las prácticas, saberes y representaciones de sus habitantes."

Asociado, con lo anteriormente descripto, sobre estos grandes Conjuntos Habitacionales, el citado Informe de la Defensoría del Pueblo, también expresa lo siguiente: "... La creación del Programa y la sanción de un conjunto de leyes complementarias obligaron al Estado a intervenir en los complejos habitacionales que concentran gran parte de las viviendas sociales de la Ciudad de Buenos Aires. A partir de entonces, y como resultado de la movilización de sus vecinos, el Estado invirtió de manera discontinua e insuficiente, principalmente en la rehabilitación de los conjuntos Soldati, Piedrabuena, pero también Savio, Ramón Carrillo, Samoré. Surge de estos antecedentes normativos, que el Programa de Rehabilitación y Puesta en Valor de

1. <http://www.defensoria.org.ar/wp-content/uploads/2015/05/ConjuntosUrbanos.pdf>

Conjuntos Urbanos es una política pública construida a partir de las distintas normas, que en particular declararon la emergencia de cada uno de los complejos habitacionales. El antecesor de dicho programa, fue creado mediante la Resolución N° 223/ss/2001 (dictada por la entonces CMV) con el nombre de Programa de Rehabilitación y Mantenimiento de Conjuntos Urbanos y Barrios. Este fue construido como política pública autónoma y consistía en mejorar las condiciones de habitabilidad de los mismos”.

Como puede observarse, la declaración de emergencia edilicia solo puede tener sustento, si se verifica la degradación de los edificios que forman los complejos habitacionales, ocasionada principalmente, por la falta de mantenimiento edilicio.

Seguramente, se conjugan varios aspectos para llegar a la situación actual, como errores en el diseño de los conjuntos, la utilización de materiales inadecuados, una construcción deficiente o de mala calidad, y probablemente, la más relevante de todas, que es la falta de mantenimiento edilicio ya mencionada.

Esta falta de mantenimiento edilicio, bien podría ser incorporada dentro de los errores de diseño o proyecto de estos conjuntos habitacionales. Estos grandes edificios, al encontrarse dentro del grupo de viviendas

sociales, construidas por el Estado, permitían establecer a priori, el segmento de los habitantes a quienes se encontraban destinadas al finalizar su construcción.

Si bien existe la figura y se encuentran implementados los Consorcios de Propietarios en cada Conjunto, la falta de recursos económicos disponibles en cada uno de estos Consorcios, inevitablemente, generarían la degradación progresiva de los edificios, al no poder hacer frente los adjudicatarios, a los trabajos de mantenimiento necesarios para su conservación.

Si pudiéramos disponer de los antecedentes económicos, nos permitiría analizar los montos invertidos por parte del Estado en la construcción de estos conjuntos, y su comparación con las inversiones que debieron realizarse, como parte del mantenimiento edilicio y principalmente en sus sucesivas rehabilitaciones, dada la emergencia edilicia que presentaban por la degradación producida.

La siguiente Tabla conforma un resumen de algunas leyes que fueron promulgadas por la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con el objeto de brindar una respuesta desde el Estado, ante la situación habitacional existente en los grandes Conjuntos Urbanos y que fueron utilizados como casos de estudio en la presente Tesis.

Ley N°	Principales Conceptos	Fecha
623	Artículo 1°. Declárese de emergencia edilicia y ambiental al complejo habitacional Soldati por el plazo de trescientos sesenta y cinco (365) días a partir de la promulgación de la presente ley. Plazo prorrogado por un (1) año, conforme texto Art. 1° de la Ley N° 831, BOCBA N° 1508 del 21/08/2002.	09/08/2001
1329	Artículo 1°. Condónanse todas las deudas contraídas hasta el 31 de diciembre de 2003, que, en concepto de contribución por Alumbrado, Barrido y Limpieza, Territorial, de Pavimentos y Aceras y Ley Nacional N° 23.514, mantienen con el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires los ocupantes y/o adjudicatarios de las viviendas pertenecientes al complejo habitacional Soldati.	13/05/2004
1408	Artículo 1°. Declárese en estado de "Emergencia Habitacional" a la Ciudad de Buenos Aires, por un plazo de tres años a partir de la promulgación de la presente Ley. *Prorrogado por un plazo de tres (3) años conforme texto del Art. 1° de la Ley N° 2.472, BOCBA N° 2819 del 27/11/2007.	29/07/2004
1686	Artículo 1°. Declárese la emergencia edilicia del complejo habitacional barrio Comandante Luis Piedrabuena por el plazo de trescientos sesenta y cinco (365) días contados a partir de la promulgación de la presente ley. (Prorrogado por el Art. 1° de la Ley N° 2.227, BOCBA N° 2611 del 24/01/2007)	28/04/2005

Ley N°	Principales Conceptos	Fecha
1753	Artículo 1°. El Poder Ejecutivo debe abstenerse de iniciar cualquier clase de acción legal a favor del IVC o el organismo que lo reemplace, contra los titulares, adjudicatarios o quienes legalmente los sustituyan de las unidades habitacionales sitas en el complejo habitacional Barrio Comandante Luis Piedrabuena por deudas referidas al precio de venta de las unidades. Asimismo, no debe intimar a escriturar a los adjudicatarios, desde la promulgación de la presente hasta la finalización de las obras efectuadas en el referido Complejo, conforme lo dispuesto por la Ley N° 1.686, cuando se trate de unidades alcanzadas por éstas.	28/07/2005
1809	Artículo 1°. Condónanse todas las deudas que, en concepto de Contribución por Alumbrado, Barrido y Limpieza, Territorial, de Pavimentos y Aceras y Ley Nacional N° 23.514, mantienen con la ciudad, los ocupantes o adjudicatarios de las viviendas del Complejo Habitacional Barrio Comandante Luis Piedrabuena, construido por la Comisión Municipal de la Vivienda (CMV).	13/10/2005
2227	Artículo 1°. Prorrógase por el término de trescientos sesenta y cinco (365) días, a partir de promulgada la presente, la Ley N° 1.686 (publicada en el BOCBA N° 2205 del 6/6/05 y promulgada el 28/7/05). (Prorrogado por el Art. 1° de la Ley N° 2.560, BOCBA N° 2828 del 10/12/2007). Artículo 2°. Modifícase el artículo 2° de la Ley N° 1.686 (publicada en el BOCBA N° 2205 del 6/6/05), el cual quedará redactado de la siguiente forma: "El Poder Ejecutivo debe constituir dentro de los treinta (30) días corridos de promulgada la presente una (1) Comisión Técnica y una (1) Comisión de Control y Seguimiento. La Comisión Técnica debe formular una propuesta para la solución de las fallas estructurales, vicios de construcción, mejoras en infraestructura y saneamiento ambiental del Complejo Habitacional Barrio Comandante Luis Piedrabuena. La Comisión de Control y Seguimiento debe analizar las medidas adoptadas, y el avance de las mismas, para la solución integral del barrio Comandante Luis Piedrabuena".	14/12/2006
2275	Artículo 1°. Incorpórase el siguiente texto al artículo 6° de la Ley N° 1.251: "Ejecutar políticas y acciones que permitan la puesta en valor, recuperación y mantenimiento edilicio de los complejos urbanos y de viviendas en barrios que se encuentren dentro de la órbita de administración del Instituto de Vivienda de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, subsidiando, de corresponder, a propietarios, adjudicatarios o legítimos ocupantes de unidades habitacionales beneficiadas por estas acciones".	21/12/2006
3563	Artículo 1°. Prorrógase el plazo de la emergencia de infraestructura y ambiental del Complejo Habitacional Barrio Comandante Luis Piedrabuena, determinado en el Art. 1° de la Ley N° 2.737 y prorrogado por Ley N° 3.099, por el plazo de dos (2) años contados a partir de su vencimiento.	16/09/2010

Leyes para asistir a Complejos Habitacionales en CABA  
 Fuente: Elaboración propia en base a datos del  
 Boletín Oficial de la CABA

Todas estas Leyes promulgadas por la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires, en forma directa o indirectamente, constituyen costos adicionales no previstos al momento de ejecutar las viviendas sociales por parte del Estado, que debieran ser considerados al llevar a cabo un análisis más detallado, donde se incluyan los costos totales asignados o invertidos, en un proyecto; considerando el costo de construcción y el costo de mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Para estos grandes Conjuntos Habitacionales, la inci-

dencia del costo de mantenimiento, donde se incluyen los costos de rehabilitación, no debe considerarse despreciable, puesto que el Estado nunca consigue finalizar su intervención, manteniendo la asignación de recursos públicos, los cuales podrían ser de extrema utilidad en otros programas.

Asimismo, recurriendo al Boletín Oficial de la CABA; podemos obtener algunos datos relevantes de inversiones en mantenimiento, ejecutadas para el Conjunto Habitacional de Villa Soldati.

Licitación - Contratación	Tipo y Alcance de la obra	Monto / Fecha / Plazo de ejecución
Plan Integral de Rehabilitación del CU Villa Soldati - Contratación Directa N° 17/17 E.E. N° 11.663.411-MGEYA-IVC-2017 Contratación Directa N° 17/17	Ejecución de Red Cloacal, tendido interno de cloacas y cámaras de inspección, conexiones domiciliarias hasta Línea Municipal, red peatonal (senderos y veredas) y pavimentos; Plan Integral de Rehabilitación del CU Villa Soldati. Se llama a Contratación Directa N° 17/17 para Ejecución de Red Cloacal, Tendido interno de cloaca y cámaras de inspección, Conexiones Domiciliarias hasta Línea Municipal, Red Peatonal (senderos y veredas) y Pavimentos; correspondientes al Plan Integral de Rehabilitación del Conjunto Urbano Villa Soldati.	Presupuesto Oficial: \$ 45.241.826,22 Plazo de ejecución: 12 meses Fecha de Apertura: 13 de diciembre de 2017 a las 11:00 horas.
N° 5267 - 4/12/2017 Separata del Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires N° 768	Contratación Directa por Urgencia N° 02/16 - Completamiento y Puesta en Servicio de la Instalación contra Incendio en los Nudos 1 al 12 del Conjunto Urbano Soldati, Barrio Villa Soldati, Capital Federal.	Presupuesto Oficial IVC IF-2017-19278359-IVC \$ 28.661.442,82
EX-2017-11671141-MGEYA-IVC	Se llama a Licitación Pública N° 21/17 para la Ejecución de Gabinetes Medidores y Tableros de Uso General en el Conjunto Urbano Villa Soldati, ubicado entre las calles Sin Nombre oficial (continuación de Veracruz), Av. Lacarra, Av. Mariano Acosta y Av. Cnel. Roca del Barrio Villa Soldati de la Comuna 8. Número de Disposición que autoriza el llamado: DISFC-2017-1069-IVC	Fecha de apertura: 14 de septiembre de 2017 Presupuesto oficial: \$ 9.427.287,95

Obras de Rehabilitación en el Complejo Habitacional de Villa Soldati  
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Boletín Oficial de la CABA

La información incorporada en este trabajo es solo una pequeña síntesis, que no permite interpretar la verdadera magnitud de las sucesivas inversiones, las cuales necesariamente se vio obligado a llevar a cabo el Estado, para rehabilitar estos grandes Complejos Habitacionales, estableciendo de manera indirecta, la dificultad manifiesta por parte de las diferentes Administraciones Gubernamentales, para desprenderse en forma definitiva de las obras realizadas, una vez que son adjudicadas a sus respectivos dueños.

En contraposición a estos grandes Conjuntos Habitacionales, se presenta como caso de estudio el Conjunto Los Andes; donde los Consorcios de Propietarios son mucho más reducidos, eliminando importantes gastos de construcción y mantenimiento como el as-

ensor, que permiten una reducción de las futuras expensas a ser afrontadas por cada propietario.

Adoptando este último caso como ejemplo por su tipología edilicia de no más de tres pisos de altura, incorporando las nuevas tecnologías que permitan una mayor eficiencia energética, utilizando materiales de construcción sustentables y con una durabilidad que permita reducir los gastos de mantenimiento a los mínimos valores posibles; estaríamos en condiciones de proyectar y construir una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento, donde la inversión económica destinada a su construcción sea la principal variable a tener en cuenta, pudiendo considerar como despreciable la incidencia de los gastos asociados al futuro mantenimiento edilicio.

## MATERIALES PARA CONSTRUIR UNA VIVIENDA SOCIAL SUSTENTABLE

La hipótesis de trabajar con una selección de materiales para construcción, adoptando únicamente aquellos naturales y que no alteran el ambiente, no es tan fácil de cumplir en la vida real.

Sin embargo, con el paso del tiempo, se ha procurado un regreso a lo natural, respetando el medio ambiente, involucrando a los materiales, los procesos constructivos y a las nuevas tecnologías aplicadas en la materialización de viviendas.

Es importante desde el diseño de una vivienda social sustentable, establecer cuáles son los límites para construir de forma ecológica y sustentable, sin que esa premisa convierta en inviable la concreción del proyecto. Existe una gran variedad de materiales los cuales pueden utilizarse durante el proceso constructivo y otros no recomendables; algunos son realmente ecológicos, garantizando un hogar saludable y libre de tóxicos.

Entre los materiales residuales de las obras se encuentran: el desmalezamiento generado por la limpieza del terreno; materiales de excavación de origen natural o artificial, como tierra, rocas o residuos de hormigón armado. También, se encuentran los residuos generados por una obra nueva o una demolición, los cuales adquieren una cierta importancia en algunos casos. El mismo proceso de construcción de una obra genera permanentemente residuos de diversos tipos, incluyendo los mismos rezagos de material, embalajes y todos los desperdicios recolectados durante la limpieza diaria de obra.

Existe un amplio segmento de la actividad económica involucrada con los materiales de la construcción, desde su generación, transporte, instalación en obra y disposición final o reciclado.

Entre las citadas empresas de la construcción, des-

cubrimos diferentes escalas y actividades, implicando trabajos tan variados como demolición, excavaciones, transporte de materiales, hormigonado, albañilería o instalaciones.

Los criterios de selección de los materiales, para una vivienda social sustentable, establecerán los siguientes lineamientos.

- > Extracción respetuosa.
- > Reducida transformación.
- > Cercanía al lugar de extracción.
- > Naturales.
- > Reciclables.
- > Reciclados.
- > Biocompatibles.

## NUEVAS TECNOLOGÍAS

Las nuevas tecnologías aplicadas en la construcción de viviendas sociales, presentarán como mínimo, tres premisas fundamentales, establecidas en i) la reducción de los costos de construcción, ii) la reducción del tiempo de construcción y iii) el respeto al ambiente, procurando en todo momento, la sustentabilidad técnica y económica del proyecto a ejecutar, con una utilización responsable de los recursos naturales.

Las nuevas tecnologías y materiales serán responsables de una revolución en el mundo de la construcción. La arquitectura, ingeniería y la tecnología de última generación, mediante la implementación de nuevos procesos, aumentarán la productividad, reduciendo los costos, generando nuevos proyectos y obras donde la sustentabilidad conformará una de las principales prioridades a tener en cuenta.

Las viviendas sociales sustentables y de bajo mantenimiento serán una realidad, implementando las nuevas tecnologías disponibles, con materiales más durables y eficientes, reduciendo los tiempos y costos de construcción, haciendo despreciable los costos de mantenimiento y aumentando su vida útil.

Existe una gran cantidad de nuevas tecnologías y materiales aplicadas en la construcción de edificios, solo mencionaremos en este trabajo aquellas de aplicación en las viviendas sociales sustentables y de bajo mantenimiento.

- > Concreto Traslucido.
- > Bio-Concreto.
- > Construcción con Robots Autónomos.
- > Bloques de Hormigón Geométricos.

	Bloque de Hormigón e = 19 cm	Lad. Cerámico Común e = 30 cm	Lad. Cerámico Hueco e = 18 cm
Cantidad de unidades	12,5 / m2	108 / m2	17 / m2
Peso por m2	150 a 250Kg / m2	450Kg / m2	128Kg / m2
Cantidad de mezcla	10 litros / m2	90 litros / m2	20 litros / m2
Mano de obra necesaria / m2	0,6 hs. oficial 0,45 hs. ayudante	1,83 hs. oficial 2,13 hs. ayudante	0,8 hs. oficial 0,7 hs. ayudante

Bloque de Hormigón vs. Ladrillos<sup>2</sup>

### > Impresión 3D

La impresión 3D, conocida también como manufactura por adición, es un proceso donde se crean objetos físicos, colocando un material por capas, en base a un modelo digital. La totalidad de procesos de impresión 3D, requieren que el software, hardware y los materiales trabajen en conjunto.

La tecnología de impresión 3D puede utilizarse para crear todo tipo de cosas, desde prototipos y piezas simples, hasta productos finales altamente técnicos. Con esta tecnología, tenemos la posibilidad de fabricar piezas para aeronaves, edificios ecológicos, implantes médicos, e incluso, órganos artificiales creados a partir de capas de células humanas.

Las cuatro tecnologías principales de impresión 3D son las siguientes: Modelado por deposición fundida, estereolitografía, procesamiento digital de luz y sinterizado selectivo por láser.

Si bien se encuentra en etapa de experimentación, la construcción de viviendas con tecnologías 3D ya es una realidad, permitiendo reducir los tiempos de construcción y sus costos, pues empleará menos material de forma más eficiente y sustentable.

Como toda nueva tecnología, en un principio, su costo de implementación será más elevado respecto de las utilizadas habitualmente, pero es indudable que, en un futuro cercano, la tecnología 3d protagonizará el gran cambio de la industria de la construcción.

El proceso constructivo es muy sencillo: Una vez efectuado el diseño de la vivienda por parte de profesionales especializados, se programa una impresora 3D, la cual se traslada al lugar donde se ubicará la vivienda. La impresora comienza a levantar las paredes por capas. Cada pared está compuesta por dos capas de aislante de poliuretano, con un espacio entre ellas relleno con cemento. Posteriormente, se instalan las ventanas, puertas y el techo. Como se observa en la siguiente imagen, a medida que se agregan las capas de poliuretano se colocan los marcos de puertas y ventanas.

2. <http://tensolite.com.ar/Sis/Contenidos/12.pdf>



Impresión 3D

Una característica notable y sumamente importante, desde el punto de vista de la ecología, es que la construcción de viviendas por impresoras 3D no produce desechos durante su impresión.



Impresora de hormigón en Valencia - Be More 3D<sup>3</sup>

## EFICIENCIA ENERGÉTICA

La Eficiencia Energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Cuando se analiza la demanda energética de los países desarrollados, se evidencia que el crecimiento económico no va aparejado con un creciente consumo de energía, lo cual estaría mostrando los esfuerzos realizados en la aplicación de políticas de eficiencia energética.

Estas políticas pueden permanecer orientadas a la disminución del consumo, mediante la concientización de los consumidores sobre un uso racional de la misma, y otras pueden orientarse a los aspectos técnicos o tecnológicos, tanto de los artefactos que la consumen como de las medidas de aislación necesarias en los edificios, para un mejor aprovechamiento de la misma.

El consumo de energía de una nación se divide en cinco grandes componentes: domiciliario, público, industrial, agropecuario y comercial (transporte).

Los dos primeros se vinculan con pautas sociales de consumo, los materiales prescritos en la construcción de las viviendas, electrodomésticos, artefactos de gas, sistemas eléctricos y climatización del hogar.

En la República Argentina, la contribución domiciliar al consumo de energía resulta significativa, y para la construcción de viviendas, disponer los materiales adecuados puede generar una reducción considerable de los gastos de energía requeridos.

La eficiencia energética de los edificios, tiene por objetivo la mejora de las condiciones edilicias de aislación, permitiendo en particular, la calificación de esas construcciones, para la obtención de los certificados otorgados al respecto.

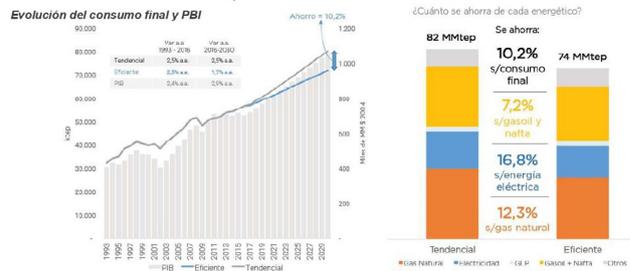
Podemos definir como Eficiencia Energética, a la capacidad de obtener los mismos resultados utilizando la menor cantidad de energía.

$$\text{EFICIENCIA ENERGÉTICA} = \text{UTILIDAD} / \text{ENERGÍA}$$

El ahorro de energía solo se refiere a la reducción del consumo, sin obtener necesariamente los mismos resultados.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA

### ESCENARIOS NACIONALES | CONSUMO FINAL DE ENERGÍA



Secretaría de Energía | Ministerio de Hacienda y Presidencia de la Nación

Eficiencia Energética  
Escenarios Nacionales / Consumo Final de Energía

3. <https://bemore3d.com/viviendas-3d/>

Los diferentes tipos de Consumos de Energía en el sector residencial pueden ser estandarizados, al seguir un patrón común en todas las viviendas.



Los consumos que no pueden ser estandarizados resultan muy variables para las distintas viviendas.



## CRITERIOS BÁSICOS PARA UNA VIVIENDA SOCIAL SUSTENTABLE Y DE BAJO MANTENIMIENTO

El desafío planteado por la construcción de una Vivienda Social Sustentable y de Bajo Mantenimiento, involucra una gran cantidad de variables, donde se encuentran incluidos desde los materiales de construcción, el diseño constructivo y las nuevas tecnologías existentes en el mercado.

En este sentido, el ideal estaría dirigido hacia una vivienda social capaz de mantener la sustentabilidad desde sus fundaciones hasta su cubierta.

Existen numerosos materiales aptos para aplicarse en las distintas etapas constructivas, permitiendo intentar que las modificaciones en el ambiente donde se realiza la implantación de un proyecto, se reduzcan lo suficiente, logrando acotar el impacto y procurando una integración al ecosistema.

Desde los trabajos iniciales, que resultan del movimiento de suelos, excavaciones y materialización de fundaciones, se puede construir con una conciencia ecológica y sustentable, respetando el ambiente y reduciendo

el impacto de las nuevas construcciones.

En las últimas décadas, se ha fortalecido notablemente en la sociedad, la necesidad de cuidar el ambiente, alcanzando a las políticas empresariales, involucrando las nuevas tecnologías, mejorando las etapas de producción, utilizando con mayor eficiencia la energía disponible, sustituyendo gradualmente los combustibles no renovables por los alternativos, con materias primas naturales e incorporando residuos generados en otros procesos industriales, evitando su depósito en los rellenos sanitarios.

Las viviendas sociales, serán concebidas teniendo en cuenta que, durante su vida útil, el empleo de energía y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, alcancen el menor impacto ambiental posible. Asimismo, es sumamente importante que este tipo de viviendas garantice una alta durabilidad en sus materiales y estructura, logrando reducir al mínimo los costos de mantenimiento durante su vida útil.

Evaluando el desempeño ambiental de una construcción tradicional para una vivienda, resulta factible conocer el consumo de energía y la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos durante su vida útil, siendo ese valor muy superior a la liberación de GEI y energía utilizada en la fase constructiva.

La masa térmica de una construcción conforma la capacidad de un cuerpo para almacenar calor, sumado a una conveniente ventilación, protección solar y orientación de la edificación, donde el uso de la masa térmica asegura un componente crítico en el diseño solar pasivo de las construcciones.

Las obras cuyo diseño estima la capacidad de la masa térmica para almacenar energía, suponen una importante contribución en la reducción de la energía consumida durante su vida útil y en la emisión de Gases de Efecto Invernadero, manteniendo el confort higrotérmico de este tipo de viviendas, tornando imprescindible la ventilación cruzada para compensar sus efectos en los días de altas temperaturas.

## UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES

### Termotanques solares para agua caliente

Son equipos compuestos por un colector solar plano y un tanque acumulador, los cuales permiten aprovechar toda la energía solar disponible para aumentar la temperatura del agua sanitaria de consumo.

Una de sus principales virtudes radica en la reducción del consumo anual de energía requerida (gas o electricidad) hasta en un 70% para la producción de agua caliente sanitaria.

Entre las características distintivas de este producto, además de un colector solar plano, se encuentran las siguientes:

- > No requiere bomba ni conexión eléctrica para su funcionamiento.
- > Se puede combinar con los sistemas tradicionales.
- > Ofrece una extensa vida útil y bajo mantenimiento.
- > Se comercializan en capacidades de 160, 200 y 300 litros.



Termotanque solar con colector plano

Existen en el mercado gran cantidad de marcas encargadas de comercializar termotanques solares, equipos los cuales disponen, generalmente, de un colector solar formado por tubos metálicos.

Se comercializan actualmente en el mercado este tipo de termotanques, con una capacidad de 150, 225, 300 y 375 litros.



Termotanque solar con colector de tubos metálicos

### Referencias

1. Tanque de acero inoxidable para garantizar la durabilidad, con aislación de poliuretano expandido para asegurar la temperatura del agua.

2. Tanque compensador de presión (opcional). Es muy importante al regular el ingreso de agua evitando sobrepresiones en el calefón. Facilita la instalación en cualquier tipo de aplicación.

3. Tubos aislados de vacío de alta eficiencia, aún durante los días nublados. El intercambio de radiación solar (calor absorbido) se verifica en menor tiempo respec-

to de otros sistemas ya superados por esta nueva y actual tecnología.

4. Estructura de soporte muy fácil de armar, segura y de moderno diseño.

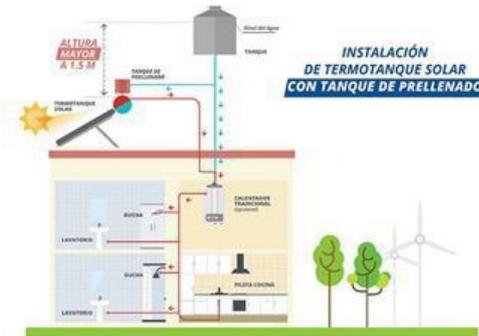
5. Controlador inteligente. Permite la visualización de la temperatura y su monitoreo. Activa la resistencia eléctrica cuando se requiere de un aporte de calor complementario, por ejemplo, en aquellos días nubla-

dos. Programación de calentamiento temporizado, protección de congelamiento, entre otras funciones.

Cuando la diferencia de altura entre el nivel de agua del tanque de la vivienda y la parte superior del Termotanque Solar sea mayor a 1,5 metros, y cuando el llenado del Termotanque Solar se efectúe desde la red de distribución, o a través de una bomba presurizadora, el sistema demanda incorporar un Tanque Compensador de Presión.

**INSTALACIÓN SEGURA**  
**¿CUANDO NECESITO INSTALAR EL TANQUECITO DE PREENENADO?**

**INSTALACIÓN CON TANQUE DE PREENENADO:**  
IMPORTANTE! Se debe instalar un tubo de venteo vertical, sin curvas, en ambos tanques (tanque principal + tanquecito de prellenado) La altura del venteo debe superar la altura del tanquecito auxiliar.

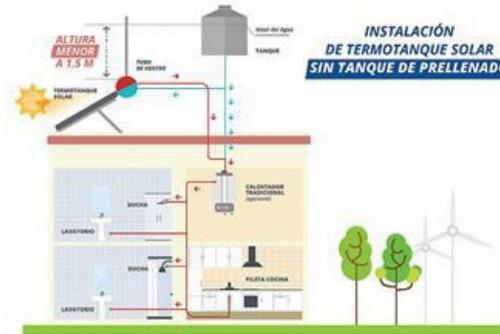


Termotanque solar con tanque de prellenado

**INSTALACIÓN SEGURA**  
**¿CUANDO NECESITO INSTALAR EL TANQUECITO DE PREENENADO?**

Cuando la diferencia de altura entre el nivel de agua del tanque y la parte superior del calefón solar es mayor a 1,5 metros.

**INSTALACIÓN SIN TANQUE DE PREENENADO:**  
IMPORTANTE! Se debe instalar un tubo de venteo vertical, sin curvas, que supere el nivel de agua del tanque.



Termotanque solar sin tanque de prellenado

## PANELES FOTOVOLTAICOS PARA ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA

La energía solar es una fuente renovable, inagotable, y esencialmente, no contaminante. En el caso de la energía solar fotovoltaica, es decir, la transformación de la energía del Sol en energía eléctrica, encontramos una cantidad muy variada respecto de sus aplicaciones, disponiendo alternativas de acumulación de la energía obtenida o conectando el generador a la red eléctrica.

La generación de energía eléctrica mediante sistemas solares fotovoltaicos, permitirá complementar la generación de electricidad mediante fuentes convencionales, como los combustibles fósiles, la hidroeléctrica generada por las represas y la energía nuclear. El aporte de este sistema de generación de energía eléctrica, contribuye para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero, producto del quemado de los combustibles fósiles, con sus consecuentes ventajas sobre el ambiente.

Los sistemas de paneles fotovoltaicos pueden instalarse en cualquier casa o edificio, estimándose especialmente su orientación, el ángulo de inclinación del panel y las posibles sombras creadas por los objetos circundantes.

Una de las importantes leyes referida a las energías no convencionales, es la Ley N° 26190/2006 sobre el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica.

La citada Ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público, como así también, la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. Establece además en su artículo 2, una serie de objetivos relacionados con la matriz energética nacional, donde el 8% del consumo de la energía eléctrica argentina será obtenido a partir de fuentes de energía renovables.

Otro suceso de suma importancia para el uso de las energías renovables, y en especial los paneles fotovoltaicos, capaces de transformar la energía solar en energía eléctrica, fue la reglamentación de la Ley N° 24.424 en el mes de noviembre del año 2018, a través del Decreto N° 986/2018.

La Ley N° 24.424, Ley Nacional de Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública, establece las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red, y promulga la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincias.

Establece en paralelo, conceptos tales como el balance neto de facturación, compensando los costos de la energía eléctrica demandada con el valor de la energía eléctrica inyectada a la red de distribución, definiendo a la energía inyectada como la energía eléctrica efectivamente entregada a la red de distribución en el punto de suministro del domicilio del usuario-generador, de acuerdo al principio de libre acceso establecido en la ley 24.065, artículo 56, inciso e).

Otros conceptos de importancia definidos en la ley, son los siguientes:

d) Ente regulador jurisdiccional: Al ente regulador o autoridad de control, encargado de observar la actividad de los prestadores del servicio público de distribución de energía eléctrica en cada jurisdicción;

e) Equipos de generación distribuida: A los equipamientos y sistemas destinados a la transformación de la energía primaria de fuentes renovables en energía eléctrica para autoconsumo, conectados con la red de distribución a fin de inyectar a dicha red el potencial excedente de energía generada;

f) Equipo de medición: Al sistema de medición de energía eléctrica homologado por la autoridad competente, el cual debe ser instalado a los fines de medir la energía demandada, generada y/o inyectada a la red de distribución por parte del usuario-generador, siendo dichas mediciones almacenadas independientemente para su posterior lectura;

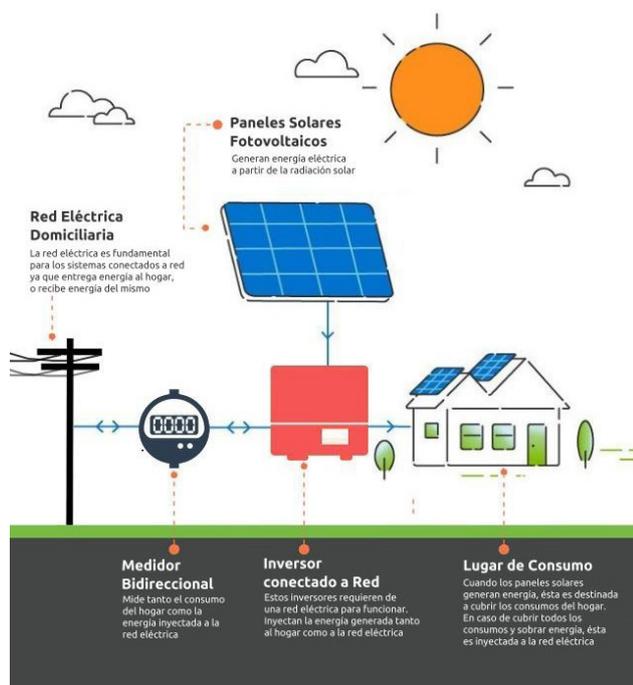
g) Fuentes de energías renovables: A las fuentes de energía establecidas en el artículo 2° de la ley 27.191, Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica;

h) Generación distribuida: A la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, por usuarios del servicio público de distribución conectados a la red del prestador del servicio y reúnan los requisitos técni-

cos establecidos en la regulación para inyectar a dicha red pública los excedentes del autoconsumo.

La reglamentación de esta Ley acerca la posibilidad de proyectar una vivienda social sustentable, donde el consumo de energía eléctrica no solo puede ser abastecido por un sistema de paneles fotovoltaicos, sino que, además, cuenta con la potestad de inyectar a la red eléctrica el excedente que pudiera generarse.

Al mismo tiempo, puede optarse por un sistema donde no se realice la instalación de las baterías de acumulación, evitando su costo de compra e instalación. En ese caso, se tomará de la red cuando los paneles no generan energía eléctrica y se empleará la energía propia cuando los paneles permanezcan en funcionamiento, recibiendo la energía solar.



Medidor bidireccional para toma y entrega de energía eléctrica

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

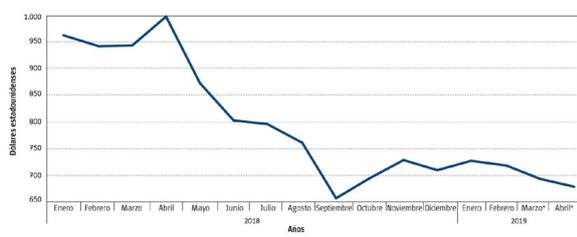
### Costos y Beneficios de una Vivienda Sustentable y de Bajo Mantenimiento

De acuerdo a información suministrada por la Dirección General de Estadísticas y Censos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires<sup>4</sup>, en su Informe de resultados 1359 correspondiente al mes de mayo del año 2019, podemos estimar el costo del metro cuadrado de construcción para la Ciudad de Buenos Aires, al mes de abril de 2019, en un valor cercano a los U\$S 700/m<sup>2</sup>.

El costo de construcción se define como el monto abonado por parte de una empresa constructora para la

4. [https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2019/05/ir\\_2019\\_1359.pdf](https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2019/05/ir_2019_1359.pdf)

Gráfico IV.1 Costo de construcción del m<sup>2</sup> (en dólares estadounidenses). Ciudad de Buenos Aires. Enero de 2018/abril de 2019



\* Datos provisionales.  
Fuente: Dirección General de Estadística y Censos (Ministerio de Economía y Finanzas GCBA).

Costo de construcción del m<sup>2</sup>. Ciudad de Buenos Aires.  
Enero de 2018 - Abril de 2019  
Fuente: INDEC, CABA

edificación de viviendas particulares. Este costo incluye la valorización de los materiales utilizados, de la mano de obra y de los gastos generales.

Dado que este costo se ve influido por las dimensiones de la vivienda a construir, se lo normaliza para obtener el costo de construcción de un metro cuadrado. Para determinar este costo, al igual que para el cálculo del ICCBA<sup>5</sup>, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- > Los precios considerados son aquellos a los cuales podría acceder una empresa constructora que compra productos y servicios en la Ciudad de Buenos Aires.
- > No se incluye el Impuesto al Valor Agregado.
- > No se incluye el valor de compra del terreno, de los derechos de construcción y de los permisos/habilitaciones de la Ciudad.
- > No se incluyen los gastos financieros, ni la utilidad de la empresa constructora.

En el Gráfico “Costo de construcción del m<sup>2</sup>”, se presenta en dólares estadounidenses el costo de construcción del metro cuadrado para la Ciudad de Buenos Aires. Para esta sección, se utilizó el precio de venta del dólar calculado según Comunicación B 9791 del Banco Central de la República Argentina.

Así, el tipo de cambio diario seleccionado resulta del promedio ponderado de las cotizaciones ofrecidas por las entidades informantes (bancos comerciales), utili-

zándose como ponderador la participación de la entidad en el segmento de operaciones minoristas del conjunto de las entidades que hayan informado cotizaciones para las 15:00 horas.

Otra fuente de información sobre el costo de la construcción para viviendas unifamiliares, la obtenemos del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Entre Ríos (CAPER), donde para el mes de abril de 2019, y para la vivienda urbana (modelo tipológico 1 - Vivienda individual), el costo del m<sup>2</sup> resultó de \$23.687,67/m<sup>2</sup>, mientras que el precio se estimó en \$35.827,60/m<sup>2</sup>.

Para este último caso, el cálculo del costo incluye montos de materiales, mano de obra y equipo, representando así al denominado “Gasto directo de la obra o de un trabajo”, mientras que el precio, se obtiene a partir del costo o Gasto directo, al cual se agregan conceptos representativos del Gasto indirecto (Gastos generales, financieros, impositivos) y el beneficio y riesgo empresario.

Con la misma metodología de cálculo para un Modelo tipológico 3 - Vivienda colectiva, el costo del m<sup>2</sup> resultó de \$21.359,73/m<sup>2</sup>, mientras que el precio se estimó en \$32.306,59/m<sup>2</sup>.

Por ello, adoptando un valor dólar de \$45,20 (cotización del 30/04/2019- <https://www.cotizacion-dolar.com.ar/dolar-historico-bna-2019.php>), tenemos un costo para la vivienda individual de U\$524/m<sup>2</sup>, y para la vivienda colectiva de U\$473/m<sup>2</sup>.

Estos valores, como se puede apreciar, son sustancialmente inferiores a los obtenidos para la Ciudad de Buenos Aires. Para este análisis, y con el objeto de uniformizar las variables existentes en la construcción de edificios, adoptaremos el MODELO UNO, propuesto por la Revista Vivienda en su edición N° 683 correspondiente al mes de junio de 2019, con la metodología y valores que allí se incluyen.

5. Índice del Costo de la Construcción de la Ciudad de Buenos Aires (ICCBA)

El MODELO UNO corresponde a un edificio destinado a viviendas de 9.500 m<sup>2</sup> construido en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Sus características han sido cuidadosamente ponderadas a efectos de ofrecer un arquetipo aplicable al mayor número de casos.

Se trata de un edificio para venta en propiedad horizontal con sótano, planta baja, 15 pisos de altura y azotea. Cuenta con 100 unidades de vivienda, 26 cocheras y un local comercial.

Planteamos como hipótesis constructiva, que los primeros 10 pisos cuentan con 8 Unidades Funcionales (UF) por piso, y los últimos 5 niveles con 4 UF por piso, encontrándose el frente del edificio orientado hacia el Norte.



MODELO UNO – Revista Vivienda

El proyecto está bien resuelto y la técnica constructiva convencional es desarrollada por una empresa constructora de primera línea, bajo la Dirección de Obra de un profesional que representa al comitente.

La evolución desigual de los costos parciales hace que la estructura de participación porcentual cambie mes a mes.

El MODELO UNO es un elemento de juicio; quizás una herramienta para juzgar con rapidez no sólo el costo de cada ítem, sino también, para determinar el programa total de inversiones y las necesidades financieras de cada etapa de la construcción.

Mediante la media estadística ponderada de una gran cantidad de casos particulares, se ha construido este MODELO UNO, que al 20 de mayo de 2019 arroja un costo para el m<sup>2</sup> de construcción de \$ 31.871,65 con una cotización del dólar (BNA) equivalente a \$46,40/ U\$S, ello nos da un valor del m<sup>2</sup> para el costo de construcción en dólares de U\$S686,89.

Para una mejor interpretación del modelo de trabajo adoptado, debemos mencionar que el MODELO UNO incluye los gastos generales, contemplando los gastos por financiación y el beneficio normal de la empresa constructora. Los mismos pueden ser modificados según las necesidades, pretensiones y circunstancias económicas al momento de ser utilizados.

Por otra parte, corresponde mencionar que el Modelo Uno adoptado excluye los siguientes puntos: a) alícuota del terreno, b) honorarios por proyecto y dirección, c) toda otra utilidad que no sea el beneficio habitual de la empresa constructora, d) impuestos, sellados, derechos municipales de construcción, e) gastos de venta, IVA de venta y el IVA en materiales y subcontratos.

Adoptando los valores del metro cuadrado en pesos y en dólares, para el mes de junio de 2019, junto con la incidencia en cada uno de los rubros de obra, podemos obtener el costo para un edificio de 15 pisos y 100 unidades de vivienda, los cuales son detallados en la siguiente Tabla.

**MODELO UNO**

Participación Porcentual						Junio de 2019
Tarea / Rubro	Incidencia %	Superficie Total del Edificio (m <sup>2</sup> )	Precio (\$/m <sup>2</sup> )	Precio del Rubro (\$)	Precio del Rubro (U\$S)	
1	Obrador y trabajos preparatorios	9500	31871.65	242.224,54	5.220,36	
2	Movimientos de tierra	9500	31871.65	6.207.003,83	133.771,63	
3	Estructura resistente de H° A°	9500	31871.65	55.832.756,47	1.203.292,17	
4	Mampostería y Aislaciones	9500	31871.65	32.791.147,10	706.705,76	
5	Conductos de ventilación	9500	31871.65	1.120.288,50	24.144,15	
6	Revoques	9500	31871.65	36.273.124,87	781.748,38	
7	Cielorrasos	9500	31871.65	8.720.083,44	187.932,83	
8	Contrapisos	9500	31871.65	5.116.993,41	10.280,03	
9	Pisos y zócalos	9500	31871.65	23.798.561,06	512.900,02	
10	Techado de azotea	9500	31871.65	423.892,95	9.135,62	
11	Revestimientos y mármoles	9500	31871.65	6.630.896,78	142.907,26	
12	Carpintería, vidrios y herrería	9500	31871.65	18.378.786,97	396.094,55	
13	Ascensores	9500	31871.65	21.255.203,39	458.086,28	
14	Instalación sanitaria	9500	31871.65	23.404.946,18	504.416,94	
15	Instalación eléctrica, porteros y teléfonos	9500	31871.65	33.003.093,58	711.273,57	
16	Instalación de gas	9500	31871.65	17.016.273,94	366.730,04	
17	Pintura	9500	31871.65	10.960.660,44	236.221,13	
18	Matafuegos	9500	31871.65	1.392.791,11	30.017,05	
19	Amoblamientos de cocinas	9500	31871.65	242.224,54	5.220,36	
		100.00		<b>\$ 302.810.953,07</b>	<b>U\$S 6.526.098,13</b>	

MODELO UNO - Edificio de 15 pisos y 100 viviendas

Con los costos obtenidos en la Tabla anterior, para un edificio referido al MODELO UNO de la Revista Vivienda, podemos establecer una aproximación a los costos de construcción de un edificio de viviendas sustentable y de bajo mantenimiento, incorporando en su materialización los conceptos de eficiencia energética, materiales sustentables, nuevas tecnologías, energías renovables, evaluando además entre otros aspectos, la posibilidad de reutilizar las aguas grises y recolectar el agua de lluvia.

Analizando esta metodología de cálculo y adoptando los rubros con mayor incidencia, determinantes del grueso del costo de la obra, se puede establecer la variación en el costo provocada al transformar este modelo de edificio en uno sustentable y de bajo mantenimiento.

Para ello se consideran los siguientes rubros del MODELO UNO. Los mismos, sumados, representan el 80% del costo de construcción:

3	Estructura resistente de H° A°	18.44 %
4	Mampostería y Aislaciones	10.83 %
6	Revoques	11.98 %
9	Pisos y zócalos	7.86 %
10	Techado de azotea	0.14 %
12	Carpintería, vidrios y herrería	6.07 %
14	Instalación sanitaria	7.73 %
15	Instalación eléctrica, porteros y teléfonos	10.90 %
16	Instalación de gas	5.62 %

Rubros de obra con incidencias más relevantes

## Estructura resistente de H° A°

Existe una gran variedad de tecnologías y sistemas constructivos capaces de permitir acotar las cantidades de hormigón y acero en la construcción de un edificio, con la consiguiente reducción del peso de la estructura, su costo y el tiempo de ejecución. Algunas son muy populares como el Steel Deeck, losas y contrapisos alivianados, losas pretensadas, entrepisos sin vigas o casetonados.

En este análisis incorporamos, a modo de ejemplo, un sistema constructivo basado en el diseño de estructuras de hormigón armado sin vigas, alivianadas y sustentables, aportando seguridad en el uso de los espacios. Además de permitir grandes luces sin vigas con importantes voladizos, mejora el comportamiento en aquellas zonas sísmicas.

A los efectos de una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento, resulta muy conveniente la elección de un sistema constructivo, el cual, de acuerdo a sus especificaciones técnicas, permite un ahorro de hasta un 30% de hormigón y un 20% en las armaduras de acero, logrando reducir un 40% el peso de un edificio tradicional.

Cada 10.000 m<sup>2</sup> construidos se ahorran 1.000 m<sup>3</sup> de hormigón y 700 m<sup>3</sup> de contrapisos, equivalentes a 400 toneladas de dióxido de carbono. El sistema utiliza esferas y discos de material reciclado, aplicando un producto de desecho que contaminaría el ambiente, quedando perdido dentro de la masa del hormigón y logrando así reducir su peso.

## RENDIMIENTOS

### MATERIALES

HORMIGÓN	M3/M2	M2	M3
CONSUMO ZONA ALIVIANADA	0,18	465	86
CONSUMO ZONA MACIZA	0,28	155	43
<b>CONSUMO TOTAL LOSA TIPO</b>			<b>129</b>

ACERO	KG/M3	M3	KG
<b>CONSUMO TOTAL LOSA TIPO</b>	105	129	<b>13580</b>

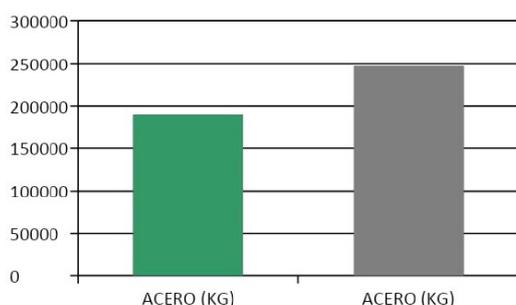
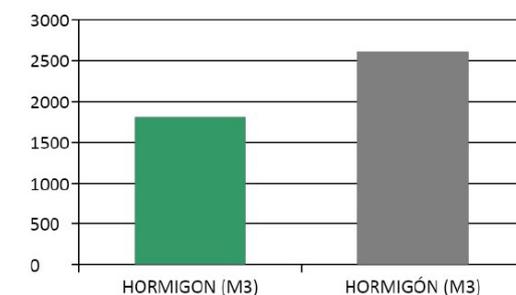
CONSUMOS TOTALES PARA 14 PLANTAS TIPO	
HORMIGÓN (M3)	1811
ACERO (KG)	190118

CONSUMO LOSA PLANA MACIZA TRADICIONAL	
HORMIGÓN (M3)	2604
ACERO (KG)	247380

<b>AHORRO DE HORMIGÓN</b>	<b>30%</b>
<b>AHORRO DE ACERO</b>	<b>23%</b>

Sistemas Constructivos Sustentables

### LOSA MACIZA TRADICIONAL



Rendimientos del Sistema Constructivo<sup>6</sup> - Materiales

Efectuando una simplificación<sup>7</sup> para estimar el ahorro producido por la utilización de este sistema constructivo, se observa que para un edificio de 14 plantas tipo, obtenemos un ahorro en la demanda de hormigón de 793 m<sup>3</sup>, y para el acero, de 57.262 Kg. El sistema también permite una serie de Ahorros directos como ser:

- > Menor consumo de hormigón y acero.
- > Mayor optimización de la mano de obra.
- > Reducción de emisiones de dióxido de carbono.
- > Eliminación de contrapisos, cielorrasos y carpetas

Los ahorros complementarios factibles de obtener son:

- > En administración y costos indirectos, al reducir el plazo de ejecución.

> Ahorro de materiales en las fundaciones y estructura vertical de hasta un 15%, debido a la reducción del peso de la estructura.

Tratándose de un sistema patentado, y con un costo debido a los servicios, se puede adoptar una simplificación donde se considera como ahorro, solamente, el costo de la reducción de los materiales de la estructura.

Considerando exclusivamente el material respecto de los valores publicados en la edición 683 de junio del año 2019 de Revista Vivienda, se establece una economía en el consumo de materiales, traducida en un ahorro en el costo de la estructura de Hormigón Armado del edificio, estimada de la siguiente manera:

C1-544- Hormigones-0160	Hormigón Elaborado H-30	\$5.410/m3	793 m3	\$4.290.130
C3-004-Aceros y Hierros-0150	Acero aletado 16/20/25 mm	\$88.933,33/Ton.	57.262 Kg	\$5.092.500,34
Ahorro Estimado en la Estructura de Hormigón Armado				\$9.382.630,34

## RENDIMIENTOS

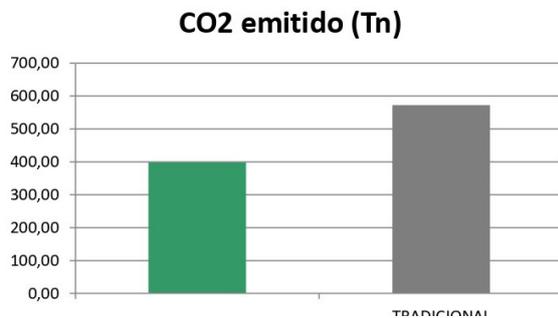
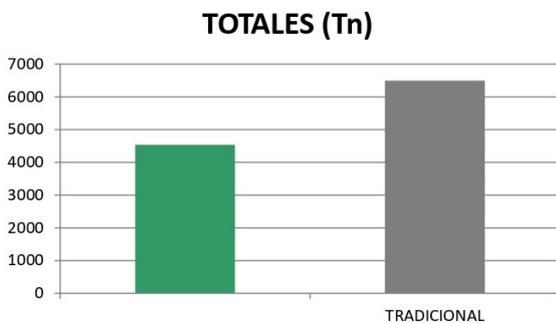
### PESO Y SUSTENTABILIDAD

PESO DE LOSAS	PRENOVA	TRADICIONAL	AHORRO
HORMIGÓN (Tn)	4346	6250	30%
ACERO (Tn)	190	247	23%
<b>TOTALES (Tn)</b>	<b>4536</b>	<b>6497</b>	<b>30%</b>

SUSTENTABILIDAD	PRENOVA	TRADICIONAL	CO2 NO EMITIDO
CO2 emitido (Tn)	398,34	572,88	174,54

Sistemas Constructivos Sustentables

Rendimientos del Sistema Constructivo  
Peso y Sustentabilidad



6. Sistema constructivo PRENOVA

7. La simplificación consiste en adoptar el ahorro estimado para nuestro edificio de 15 pisos, con los valores tabulados para un edificio de 14 plantas.

Este sistema permite una reducción en los costos, limitando el peso de la estructura de Hormigón Armado, cumple con las normativas locales e internacionales y se considera un sistema sustentable. Cumple con las siguientes Normas:

- > CIRSOC.
- > ACI, American Concrete Institute 318.
- > ASTM, American Society Testing Material.
- > Certificación LEED.
- > National Institute for Seismic Prevention INPRES requirements.
- > Aprobado para todo el país por la Secretaría de Vivienda.

### Mampostería y Aislaciones

Uno de los materiales incorporados en esta Tesis como sustentable, son los bloques de hormigón geométricos. Los mismos presentan características y ventajas, entre las cuales se encuentran su comportamiento estructural, durabilidad, resistencia al fuego, aislación térmica y aislación acústica.

El material, al ser utilizado como cerramiento de muros exteriores, permite la prescripción de bloques con terminaciones similares a la piedra, pudiendo seleccionarse, además, algunos colores como: Gris, ocre, terracota o negro.

Al seleccionarlo para los cerramientos exteriores del edificio, se puede optar entre los bloques de hormigón coloreados con terminación similar a la piedra o brindarle otro color y terminación, siendo necesario para ese supuesto, aplicar el revoque fino y la pintura, economizando el revoque grueso en todos los muros.

El bloque de hormigón presenta ventajas comparativas respecto al ladrillo cerámico común, y en menor medida, respecto al hueco. Dentro de las ventajas, se encuentra una importante disminución en el consumo de mezcla y un mejor rendimiento de la mano de obra. De la Revista Vivienda N° 683, de junio de 2019, extraemos:

C1 – Rubros de Obra – 554 – Mampostería, se obtienen los siguientes costos utilizando bloques de hormigón:

0280	20 x 20 x 40 cm. en elev. (1:1:6) por m <sup>2</sup>	Materiales	\$629,3
		Mano de Obra	\$629,54
		Total	\$1.258,91

Aplicando ladrillos huecos, tomando los datos de la misma fuente: 554 – Mampostería, se obtienen los siguientes costos:

0220	18 x 19 x 33 cm. en elev. (1:3) por m <sup>2</sup>	Materiales	\$788,75
		Mano de Obra	\$567,71
		Total	\$1.356,46

De la comparación entre ambos materiales surge una economía del 7,8%, aproximadamente, a la cual se puede sumar el ahorro en revoques y pintura si se estima dejar el bloque con la terminación a la vista, siendo necesario en ese caso, estimar solo la aplicación de una pintura hidrófuga en la parte exterior del muro.

En paredes interiores, se adopta para esta propuesta sustentable y de bajo mantenimiento, muros divisorios de placas de yeso por su economía y velocidad de ejecución.

De la Revista Vivienda N° 683, de junio de 2019, tomamos el ítem 521 – Construcciones en Seco – Paredes Interiores.

#### Pared Simple

0000	Formada por estructura de chapa galvanizada N° 24; montantes de 69 mm separados cada 48 cm; solera inferior y superior de 70 mm. Placas de 12,5 mm, junta tomada con cinta y masilla. Pared de 2 caras terminada, no incluye aislante. Por m <sup>2</sup> .	Materiales	\$469,56
		Mano de Obra	\$343,35
		Total	\$812,91

Pared divisoria de locales húmedos

0180	Formada por estructura de chapa galvanizada Nº 24; montantes de 69 mm separados cada 48 cm; solera inferior y superior de 70 mm y una placa resistente a la humedad de 12,5 mm de espesor por cada cara, juntas tomadas con cinta y masilla. Por m <sup>2</sup> .	Materiales	\$630,62
		Mano de Obra	\$343,35
		Total	\$973,97

Pared divisoria de unidades funcionales

0180	Formada por estructura de chapa galvanizada Nº 24; montantes de 69 mm separados cada 40 cm; solera inferior y superior de 70 mm y dos placas estandar de 12,5 mm, juntas tomadas, con cinta y masilla. Por m <sup>2</sup> .	Materiales	\$675,98
		Mano de Obra	\$480,90
		Total	\$1.156,88

Para muros divisorios internos, el costo de un muro de ladrillos cerámicos huecos, para una pared de 15 cm de espesor, lo obtenemos extrayendo su valor de la misma fuente de información:

Revista Vivienda Nº 683 de junio de 2019

C1 – Rubros de Obra – 554 – Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.

0150	12 x 18 x 33 cm en elev. (1/2:1:4), por m <sup>2</sup> .	Materiales	\$463,30
		Mano de Obra	\$393,89
		Total	\$857,19

Si bien el costo es aproximadamente similar, comparativamente entre un tabique de ladrillo hueco y otro de yeso, los muros de roca de yeso no requieren ningún tipo de revoque, no precisan ser canaleteados para la colocación de instalaciones en su interior y su tiempo de ejecución es más reducido respecto de cualquier muro de mampostería.

Se adopta para este rubro, como hipótesis conservativa, un equilibrio de costos entre la construcción tra-

dicional y la construcción sustentable y de bajo mantenimiento, teniendo en cuenta que las aislaciones van a ser necesarias y similares en cualquiera de las dos alternativas.

Suponiendo, para este trabajo, un edificio orientado hacia el Norte, se propone la construcción de un Muro Trombe de, aproximadamente, 3,00 m<sup>2</sup> de superficie (2,00 metros x 1,50 metros), en todos los dormitorios orientados hacia el Norte.

El costo adicional a la pared es el de pintar de negro el sector de muro Trombe, más la colocación de una carpintería vidriada la cual selle dicho sector, adicionando una o más rejillas en la parte superior y en la inferior.

Para establecer el costo aproximado del muro Trombe, aprovechamos la masa del muro de bloques de hormigón proyectado como cerramiento, considerando al mismo tiempo, los siguientes ítems adicionales:

a) C3 – 066 – Carpintería - Ventana línea Modena

0916	Ventana de aluminio Modena de 2,50 x 0,90 mts.	Unidad	\$10.867,77
------	--	--------	-------------

b) C1 – 514 – Carpintería Metálica (de este rubro de obra adoptamos el costo de colocación)

0010	Marco metálico para puerta placa interior	Unidad	\$1.407,58
------	---	--------	------------

c) C1 - 566 - Pintura de los muros exteriores de hormigón a la vista

0400	Al látex acrílico (acondicionado, 1 mano de fijador y 3 de látex acrílico)	por m <sup>2</sup>	\$196,92
		por trabajo en altura 25% adicional	\$49,23
		Total	\$246,15

Para un muro de 3 m<sup>2</sup>; el costo total sería de:

c) Pintura Muro Trombe = \$738,45
-----------------------------------

Nos quedaría por agregar el costo de los postigones, rejillas o conductos con tapas que permitan su colocación y retiro. Los mismos serán dispuestos en la parte inferior y superior del muro, para permitir calefaccionar el dormitorio en invierno.

#### a) C1 - 520 - Conductos

0050	Rejilla de ventilación, con colocación (unidad)	Materiales	\$10,35
		Mano de Obra	\$164,79
		Total	\$175,14

Para el muro de 2,00 metros de largo y 3,00 m<sup>2</sup> de superficie total, se instalarán tres rejillas en la parte superior y tres rejillas en la parte inferior. El costo de las seis rejillas por cada muro Trombe, sería de:

d) Rejillas de Accionamiento = \$1.050,84
---

El costo de construir un muro Trombe de 3 m<sup>2</sup> en los dormitorios de las UF orientadas al Norte, será la sumatoria de a), b), c) y d); brindando un costo total para el muro de:

Costo de Muro Trombe = \$14.064,64
------------------------------------

Por un tema de orientación, donde el muro Trombe debe permanecer orientado hacia el Norte, se establece la construcción de este muro en los dormitorios lindantes con el frente, es decir, un total de 30, correspondientes a las dos UF de cada uno de los 15 pisos del edificio.

De esta manera, los 30 muros Trombe de 3 metros cuadrados, incorporados en los dormitorios de las UF existentes sobre la fachada, representarán un costo total de:

Costo Total de Muros Trombe en el edificio = \$421.939,20
---

Este sería el incremento en el valor del rubro Mampostería y Aislaciones, para un edificio sustentable y de bajo mantenimiento.

## Revoques

Al utilizar el bloque de hormigón y los tabiques interiores de placas de roca de yeso, permite economizar prácticamente el 100% de este rubro para un edificio sustentable y de bajo mantenimiento.

## Pisos y zócalos

En este punto no se incorporan modificaciones, manteniendo lo existente en el MODELO UNO, sin cambios de proyecto.

## Techado de Azotea

En este punto se dispondrá de una azotea existente sobre el contrafrente del edificio, ubicada en el 4° piso, para la construcción de una terraza verde. Se adopta, como superficie a intervenir para la terraza verde, 100 metros cuadrados.

De la Revista Vivienda N° 683 de junio de 2019; Sección Espacios Verdes, extraemos:

### 506 – DECKS

0020	Deck de madera + clips + estructura de pino tratada	Unidad (m <sup>2</sup> )	\$660,00
		100	\$66.000,00

### 502 – CÉSPED

0010	Césped Gramma Bahiana	Unidad (m <sup>2</sup> )	\$260,00
		100	\$26.000,00

### 224 – TIERRA, TOSCA Y SUELO SELECCIONADO

0010	Tierra negra para jardín, en cantera (Pontevedra)	Unidad (m <sup>3</sup> )	\$250,00
		Transporte	m <sup>3</sup>
0010	Tierra negra para jardín, en cantera (Pontevedra)	30 m <sup>3</sup>	\$7.500,00
		Transporte	30 m <sup>3</sup>
		Total	\$9.300,00

524 – RIEGO

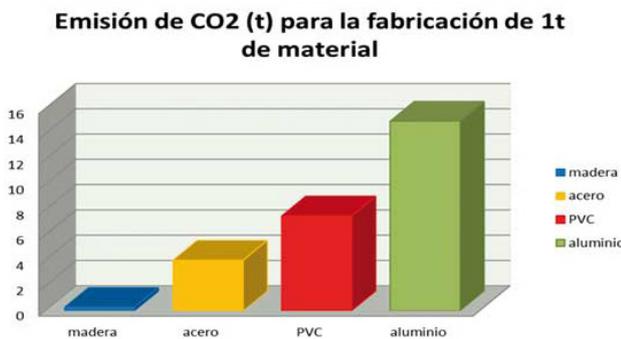
0140	Manguera Flexible con refuerzo textil hexagonal de ½ x 20 metros. Antitorceduras. Resiste UV.	Unidad (m)	\$516,92
------	---	------------	----------

El costo total para la terraza verde con césped de gramma bahiana será igual a:

0010	Terraza verde con césped gramma bahiana	100 m <sup>3</sup>	\$101.816,92
------	---	--------------------	--------------

**Carpinterías, vidrios y herrería**

La Huella de Carbono es un indicador responsable de cuantificar el impacto de una actividad sobre el calentamiento global, conformando un tema de gran relevancia al momento de seleccionar los materiales o la tecnología constructiva a implementar en una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento.



Emisión de CO<sub>2</sub> para la fabricación de los distintos materiales

Para la selección del material de las ventanas se puede observar, en la Figura anterior, las emisiones de CO<sub>2</sub> para la fabricación de los diferentes materiales.

El aluminio, si bien permite su reciclado, presenta una Huella de Carbono muy elevada para su fabricación. El acero muestra una Huella de Carbono mucho menor, pero acarrea el inconveniente de los puentes térmicos en las carpinterías.

La madera obtiene la menor Huella de Carbono, pero se debe tener en cuenta la tala de los árboles proveedores del recurso, quienes, durante su crecimiento a

través de la fotosíntesis, absorben CO<sub>2</sub> y expulsan oxígeno, pero al ser extraídos, solo permitirán conservar el CO<sub>2</sub>, impidiendo la continuidad del proceso.

El último material exhibido en la Figura es el PVC, que presenta una Huella de Carbono superior al acero y la madera, pero sin el inconveniente de los puentes térmicos característicos del acero, convirtiéndolo en un material muy conveniente para la fabricación de ventanas. Entonces, evaluando la incorporación de ventanas de PVC con DVH (Doble Vidriado Hermético), como una excelente alternativa desde el punto de vista de la eficiencia energética, es posible mejorar notablemente la envolvente del edificio.

Se establece así la diferencia de costos respecto de la construcción tradicional del edificio, suponiendo carpinterías de aluminio con DVH, en el modelo de análisis comparativo utilizado.

Ventana con DVH – Revista Vivienda 683 - C3 Materiales

1077	Ventana corrediza de aluminio Módena con DVH para balcón de 150 x 200 cm (MODELO UNO)	Unidad	\$16.388,43
5001	Ventana corrediza de PVC con DVH para balcón, de 120 x 200 cm (MODELO UNO SUSTENTABLE)	Unidad	\$12.561,98

La reducción en el costo, para este caso, es del 30,46%.

**Instalación Sanitaria**

En este punto no se incorporan modificaciones, manteniendo el MODELO UNO originalmente previsto.

**Instalación eléctrica, porteros y teléfonos**

En este proyecto, se plantea como hipótesis conceptual, que para un edificio sustentable y de bajo mantenimiento, toda la iluminación de las Unidades Funcionales y las partes comunes debe ser un 100% LED, permitiendo disminuir notablemente los consumos de energía eléctrica.

En la instalación eléctrica del edificio, se considera el aporte de las nuevas tecnologías, las cuales además, presentan el carácter de energías renovables, instalando en la terraza y orientados en dirección Norte, paneles fotovoltaicos responsables de transformar la energía solar recibida en energía eléctrica útil para las necesidades de consumo.

Existen dos tipos bien diferenciados de instalación para los paneles fotovoltaicos en un edificio. Uno de ellos es el Sistema On Grid, y el otro, el Sistema Off Grid.

### Sistema On Grid

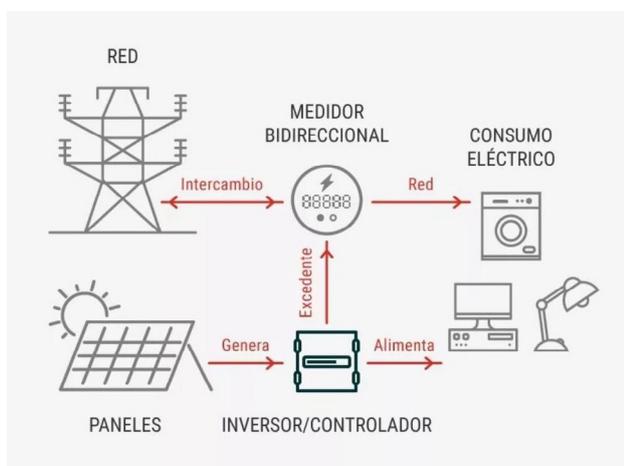
El Sistema On Grid cuenta con los siguientes componentes:

- 1) Paneles Solares.
- 2) Inversor ON GRID.
- 3) Medidor bidireccional.

Funcionamiento:

El Sistema se encuentra conectado directamente con la red eléctrica local. Por ello, durante las horas de luz del día, el usuario consume la energía producida por el sistema fotovoltaico, y durante la noche, toma energía de la red (puesto que el sistema no almacena energía).

Principalmente, se dispone en instalaciones destinadas a inyectar energía en la red.



Sistema On Grid

### Sistema Off Grid

El Sistema Off Grid muestra los siguientes componentes:

- 1) Paneles Solares.
- 2) Inversor OFF GRID.
- 3) Regulador de carga (Incorporado al inversor).

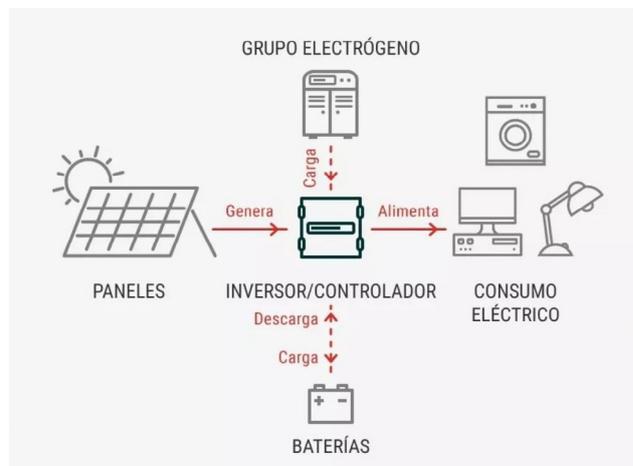
Funcionamiento:

Este tipo de sistemas funcionan independientemente de la red eléctrica, permitiendo alimentar consumos desconectados de la misma. Admite la conexión de baterías capaces de almacenar la energía necesaria para cubrir los consumos eléctricos durante la noche.

En cuanto a su uso, se destina principalmente a quienes no cuentan con acceso a la red eléctrica. Se puede disponer para diferenciar consumos habilitados en su funcionamiento durante los cortes de luz.

Limitaciones:

- 1) No puede conectarse a la red eléctrica.
- 2) Si la energía generada no fuese suficiente para cubrir el consumo, no puede recurrir a la red.



Sistema Off Grid

Entre las dos alternativas posibles, para un edificio sustentable y de bajo mantenimiento, se adopta el Sistema On Grid, el cual permite inyectar a la red la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos a través de un medidor bidireccional perteneciente al Consorcio. De esta forma, la energía generada será remunerada al Consorcio de Propietarios, siendo estos últimos quienes deban redistribuirla de la manera más conveniente, según lo permitan las normativas correspondientes a la Ley de Generación Distribuida N° 24.424<sup>8</sup>.

La Revista Vivienda N° 683, en su edición de junio de 2019; en su sección Energías Renovables, propone:

### 905 – ENERGÍA SOLAR

0060	Kit Solar On Grid 3.000 Wath Incluye: 1 inversor con conexión a red 3.300 w, 13 paneles solares 250 w y 1 conector.	Unidad	U\$S 3.049,00
		(U\$S1=\$43,30)	(\$131.716,80)
	Kit Solar On Grid 3.000 Wath Incluye: 1 inversor con conexión a red 3.300 w, 13 paneles solares 250 w y 1 conector a instalar en la terraza del edificio.	10	U\$S 30.490,0
			\$1.317.168,00

Instalando 10 kit On Grid de 3.000 Wath de potencia, permitirá obtener una potencia de 30 KWath, que pueden ser inyectados a la red desde el edificio.

Si suponemos para este edificio, ubicar cada 4,00 metros una lámpara LED de 7 Wath, para alimentar las luces de pasillo y se adopta un total de 12 lámparas por piso incluyendo las escaleras, tendremos para el sótano, planta baja y los 15 pisos, el siguiente consumo:

Cantidad Total de lámparas en espacios comunes	Potencia de cada lámpara LED	Potencia Total para Iluminación de áreas comunes
204	7,00 Wath	1,43 Kwath.

Si el edificio cuenta con 4 ascensores, los cuales demandan en su funcionamiento una potencia aproximada de

40 Kwath, y otros 4 Kwath son necesarios para activar las bombas, sumado a la iluminación de las áreas comunes, se obtendrá una potencia necesaria de, aproximadamente, 45,5 Kwath, de los cuales, un poco más del 65% serán generados por los paneles fotovoltaicos.

### Instalación para gas

Dentro de este punto, se incorpora como adicional a la instalación para gas una de las energías renovables de mayor difusión, como es el calentamiento de agua por energía solar térmica, a través de un Termotanque Solar.

Por un tema de superficies disponibles, no existe la posibilidad de instalar en la terraza termotanques solares para abastecer a todas las unidades funcionales del edificio, por ende, solo se instalarán una pequeña cantidad para abastecer usos comunes, como el SUM y baños o vestuarios de uso compartido. Para este efecto, se incorporan tres termotanques solares de 200 litros cada uno, capaces de abastecer a dos baños con duchas y a un Salón de Usos Múltiples con cocina.

De la Revista Vivienda N° 683, de junio de 2019; en su Sección Energías Renovables, extraemos:

### 920 – ENERGÍA TERMOSOLAR

0030	Termotanque Solar 200 litros	Unidad	U\$S 1.500,00
		(U\$S1=\$43,30)	(\$64.950)
	Termotanque Solar 200 litros para abastecer dos baños con ducha y un SUM con cocina.	3	U\$S 4.500
			\$194.850,00

Se incorpora como parte del diseño, la recuperación y tratamiento del agua de lluvia, para ser reutilizada en tareas de limpieza y/o riego. Para estos efectos, se debe disponer de un tanque captador del agua de lluvia, el cual comúnmente se lo entierra, completando la instalación las canaletas, los conductos encargados de recolectar el agua de lluvia, las bombas para recirculación y los filtros.

8. Reglamentada por Decretos 1075/2017 y 986/2018, Resolución 314/Secretaría de Energía y Disposición 28/2019 Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética

Revista Vivienda N° 683, junio de 2019: C3 – Materiales – 217 – Recuperación y Tratamiento del Agua de Lluvia.

0100	Tanque inyectado de plástico estructural reforzado antibacteriano (para enterrar) de 3750 litros. Instalaciones en batería. Cúpula telescópica c/tapa de inspección, sifón de desagüe y lavado, reja de protección anti-animales y filtro automático de entrada. Zapata de aquietamiento. Toma flotante, tubería de impulsión y bomba MQ35. Automatismo de control y de operación llenado por fuente externa. Sistema completo sin instalación, retirado en depósito GBA.	Unidad	U\$S 6.069,00
		(U\$S1=\$43,30)	\$262.787,70
	Se adopta el 20% del costo de materiales para Mano de Obra y Transporte de los Materiales.	Mano de Obra / Transporte	\$52.557,54
		Total	\$315.345,24

Finalmente, se puede establecer en cuánto ha variado el costo del edificio al incorporarle materiales sustentables, energías renovables y mejoras en la eficiencia energética, capaces de convertirlo en un edificio de vivienda sustentable y de bajo mantenimiento.

MODELO UNO SUSTENTABLE						
Participación Porcentual						Junio de 2019
Tarea / Rubro	Incidencia %	Superficie Total del Edificio (m <sup>2</sup> )	Precio (\$/m <sup>2</sup> )	Precio del Rubro (\$)	Precio del Rubro (U\$S)	
1	Obrador y trabajos preparatorios	0.09	9500	31871.65	242.224,54	5.220,36
2	Movimientos de tierra	2.40	9500	31871.65	6.207.003,83	133.771,63
3	Estructura resistente de H° A°	17.99	9500	31871.65	46.450.126,13	1.001.080,30
4	Mampostería y Aislaciones	12.86	9500	31871.65	33.213.086,30	715.799,27
5	Conductos de ventilación	0.43	9500	31871.65	1.120.288,50	24.144,15
6	Revoques*	2.81	9500	31871.65	7.254.624,98	156.349,67
7	Cielorrasos	3.38	9500	31871.65	8.720.083,44	187.932,83
8	Contrapisos	1.98	9500	31871.65	5.116.993,41	110.280,03
9	Pisos y zócalos	9.22	9500	31871.65	23.798.561,06	512.900,02
10	Techado de azotea	0.20	9500	31871.65	525.709,87	11.329,95
11	Revestimientos y mármoles	2.57	9500	31871.65	6.630.896,78	142.907,26
12	Carpintería, vidrios y herrería	4.98	9500	31871.65	12.865.150,88	277.266,18
13	Ascensores	8.23	9500	31871.65	21.255.203,39	458.086,28
14	Instalación sanitaria	9.06	9500	31871.65	23.404.946,18	504.416,94
15	Instalación eléctrica, porteros y teléfonos	12.20	9500	31871.65	31.491.075,58	678.686,97
16	Instalación de gas	6.59	9500	31871.65	17.016.273,94	366.730,04
17	Pintura	4.24	9500	31871.65	10.960.660,44	236.221,13
18	Matafuegos	0.54	9500	31871.65	1.392.791,11	30.017,05
19	Amoblamientos de cocinas	0.09	9500	31871.65	242.224,54	5.220,36
20	Recuperación de aguas de lluvia	0.12	9500	-----	315.345,24	6.796,23
		100.00			<b>\$ 258.223.270,14</b>	<b>U\$S 5.565.156,68</b>

MODELO UNO - Sustentable

\*Para el edificio sustentable y de bajo mantenimiento, prácticamente, no se utilizan los revoques, adoptando una reducción del 80% para este rubro en la Tabla anterior, por ser utilizado solo en sectores específicos, como, por ejemplo, las medianeras.

Podemos indicar, a continuación, los beneficios generados por la construcción de una vivienda sustentable y de bajo mantenimiento, entre los cuales se encuentran:

> Al incorporar materiales sustentables para un mismo edificio, sumando energías renovables, además de producir una notable mejora en su eficiencia energética, se ha generado una economía en su costo de construcción de, aproximadamente, el 15% del valor originalmente establecido.

> Se ha posibilitado una importante redistribución de las incidencias de los diferentes rubros de obra, destacándose la disminución en la Estructura Resistente de Hormigón Armado y los Revoques, obtenidos a partir de la elección de un Sistema Constructivo específico y materiales sustentables, que nos permiten obtener las citadas economías.

> Si bien no se refleja en la Tabla anterior, el Sistema Constructivo elegido para la estructura, la ausencia casi total de revoques y la construcción en seco seleccionada para los muros interiores, generan una reducción en los tiempos de obra y en los costos asociados.

> Los beneficios recibidos por la incorporación de energías renovables, ayudan a disminuir los costos de mantenimiento en un edificio sustentable.

> Existen algunas medidas adicionales para incorporar en un edificio sustentable y de bajo mantenimiento, como son: a) Instalación de griferías con aireador y limitadores de caudal en los baños, cocina y toilettes de las unidades funcionales; y b) Depósitos de inodoros con doble descarga (completa o parcial) de acuerdo al uso; que nos permitirán racionalizar el consumo de agua en toda la vivienda.

> Adoptando como promedio anualizado, entre las 10:00 y las 15:00 horas, cuando el Sol se encuentra al máximo de su potencial para producir energía, vamos a tener para el edificio sustentable con 10 kits de paneles fotovoltaicos instalados en la terraza, que los 30 Kwath generarán por día 150 Kwathhora/día, los cua-

les anualizados, brindarán una generación de 54.750 Kwathhora.

> Tomado el consumo de energía eléctrica para una vivienda tipo, calculado a través de la siguiente página web oficial: <https://www.argentina.gob.ar/enre/uso-eficiente-y-seguro/calcula-tu-consumo-electrico-hogar-kwh>; obtenemos de acuerdo a la Figura siguiente, como consumo mensual promedio, 224,41 Kwh.

Calculadora de consumo eléctrico en el hogar				
Seleccioná tus electrodomésticos: <input type="text" value="Computadora (sólo la CPU)"/>				
Cantidad de unidades	Electrodoméstico	¿Cuántas horas por día?	¿Cuántos días por semana?	Consumo mensual [en kWh]
1	Computadora (sólo la CPU)	4	7	25.20
1	Termotanque eléctrico c/termostato	2	7	82.69
1	Televisor LED 32" a 50"	6	7	17.01
1	Secarropas centrifugo	1	3	5.13
10	Lámpara LED de 11 W	3	7	10.39
1	Heladera con freezer	24	7	68.04
1	Aire Acondicionado de 2200 frigorías F/C	2	2	15.95
<b>TOTAL:</b>				<b>224.41</b>

Consumo mensual de una vivienda tipo

Anualizando el consumo eléctrico promedio para una vivienda tipo, arribamos a un total de 2.690 Kwathhora. De esta manera, para las 100 viviendas del edificio MODELO UNO - SUSTENTABLE, establecemos un consumo promedio anualizado de 269.000 Kwathhora, y teniendo en cuenta la generación proporcionada por los paneles fotovoltaicos, de 54.750 Kwathhora, la incorporación de esta energía renovable permite absorber, con energía propia, hasta el 20% del consumo de todas las unidades funcionales del edificio.

Se puede apreciar que la inversión en Terrazas Verdes, Sistema de Recuperación de Aguas de Lluvia y Energías

Renovables incorporadas (Paneles Fotovoltaicos, Termotanques Solares); se encuentra compensada con respecto al MODELO UNO, por tratarse de un edificio que redujo su costo de construcción en, aproximadamente, un 15% del valor proyectado.

Al encontrarse compensada la inversión en energías renovables y construcciones sustentables en el Modelo propuesto, todos los beneficios aportados por la generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, termotanques solares, terrazas verdes, recuperación de agua de lluvia para limpieza y riego, podrán ser aprovechadas económicamente en su totalidad, desde la puesta en funcionamiento del edificio, sumando un ingreso adicional o un ahorro significativo asociado íntimamente, con el Mantenimiento requerido por parte del edificio.

### COSTOS DE MANTENIMIENTO

Para establecer los Costos de Mantenimiento y llevar a cabo una comparación entre el edificio MODELO UNO y el edificio MODELO UNO - SUSTENTABLE, trabajaremos sobre los rubros de obra asociados a la vida útil del edificio, donde, además, existan diferencias entre ambos proyectos. Dicha hipótesis nos permitirá considerar solo aquellos rubros de obra verdaderamente significativos para generar la comparativa entre los costos de mantenimiento de ambos edificios, reflejándose lo propuesto en las siguientes Tablas:

		MODELO UNO FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
		Mensual	Anual	Cada 5 años	Cada 10 años	No Aplica
1	Estructura resistente de H° A°				x	
2	Mampostería y Aislaciones			x		
3	Revoques			x		
4	Techado de Azotea			x		
5	Carpintería, vidrios y herrería		x			
6	Ascensores	x				
7	Instalación, eléctrica, porteros y teléfonos		x			
8	Pintura			x		
9	Terrazas verdes					x
10	Paneles Fotovoltaicos					x
11	Termotanques Solares					x
12	Recuperación de aguas de lluvia					x

Frecuencia de Mantenimiento: MODELO UNO

\*En todos estos casos, si bien se indica un Mantenimiento mensual, se trata de un abono simple similar al de ascensores, cumpliendo la misión de verificar el estado de todos los componentes, principalmente, los elementos de fijación y la limpieza para su correcto funcionamiento.

		MODELO UNO - SUSTENTABLE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
		Mensual	Anual	Cada 5 años	Cada 10 años	No Aplica
1	Estructura resistente de H° A°				x	
2	Mampostería y Aislaciones			x		
3	Revoques			x		
4	Techado de Azotea			x		
5	Carpintería, vidrios y herrería		x			
6	Ascensores	x				
7	Instalación, eléctrica, porteros y teléfonos		x			
8	Pintura			x		
9	Terrazas verdes*	x				
10	Paneles Fotovoltaicos*	x				
11	Termotanques Solares*	x				
12	Recuperación de aguas de lluvia*	x				

Frecuencia de Mantenimiento: MODELO UNO - SUSTENTABLE

### VIDA ÚTIL

La Norma ISO 15.686 establece una metodología para la estimación de la vida útil de las construcciones, considerando los principales factores que inciden o afectan en la conservación de los edificios, aportando elementos claves a estimar durante el proceso constructivo, así como el diseño y mantenimiento de las edificaciones. Esta Norma se ocupa de estimar la vida útil de una construcción, a partir de una serie de factores capaces de analizar las condiciones de uso y vida útil de referencia, método que ofrece resultados satisfactorios al momento de predecir su vida útil estimada.

La vida útil de un proyecto se encuentra estrechamente asociada con el concepto de durabilidad de los materiales prescritos en el edificio, posibilitando alcanzar un óptimo rendimiento en un determinado ambiente a lo largo del tiempo, sin ser necesarios trabajos de mantenimiento correctivo ni reparaciones. Desde un punto de vista contable e impositivo, se adopta como vida útil de un inmueble los 50 años. Pero históricamente en todo el mundo, se ha verificado la existencia de construcciones capaces de superar con creces dichos valores, incluso, llegando a duplicarlos con un mantenimiento de bajo costo.

Con respecto a las Viviendas Sociales, en el año 2000, la Subsecretaría de Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, había establecido los “Estándares Mínimos de calidad para viviendas de interés social”; conformando un compendio de requisitos y recomendaciones para este tipo de construcciones.

Concretamente, dentro de los requisitos de durabilidad, se encontraba el de Vida Útil Mínima, donde se describe que: “las viviendas sociales tendrán el carácter de PERMANENTES con una vida útil mínima de TREINTA (30) años. En consecuencia, los elementos principales que forman parte de la construcción deberán conservar sus cualidades esenciales vinculadas con la seguridad y la habitabilidad, por lo menos, durante ese tiempo. Para alcanzar tal duración es necesario realizar el mantenimiento de las partes accesibles sobre los elementos en servicio, sin necesidad de desmontarlos y en condiciones normales de uso, empleando técnicas sencillas, accesibles, y a un costo razonable en la zona. Los componentes de difícil mantenimiento, y aquellos destinados a permanecer ocultos, deben construirse con materiales estables, teniendo en cuenta el envejecimiento y las interacciones que pueden desarrollarse con otros componentes a lo largo de la vida útil mínima establecida”.

Uno de los requisitos a los cuales se le asigna una fundamental importancia es a la calidad de la envolvente, expresando que: “El estudio debe ser riguroso tanto en la fase de diseño como en la de selección de los materiales, la tecnología y la ejecución. Debe partirse de la base que las fallas y patologías producidas en ella, constituyen la causa más importante de una reducción, en determinados casos dramática, de la vida útil de la vivienda y de la calidad de vida del usuario. No resulta exagerado afirmar que la posibilidad de alcanzar la vida útil exigida, depende, antes que nada, de cómo haya sido resuelta la envolvente.”

## CONCLUSIONES FINALES

A lo largo de este trabajo, se ha formalizado un recorrido histórico respecto de los diferentes antecedentes de las viviendas sociales construidas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, por parte de distintas administraciones, tanto nacionales como municipales.

Se propusieron casos de estudio, identificados con los grandes conglomerados urbanos, intentando identificar claramente, la problemática asociada a este tipo de soluciones habitacionales.

A este respecto, citamos la opinión de la Arq. Renée Dunowicz y el Arq. Rodolfo Hasse<sup>9</sup>: “El déficit es de cantidad y también de calidad. La calidad del hábitat condiciona la calidad de vida de sus habitantes, y es el resultado de la interacción permanente entre los profesionales que lo producen y los habitantes que se apropian de él. Por ello, es esencial la capacitación e idoneidad de sus productores.

Los programas de vivienda de las últimas décadas se implementaron con una perspectiva de corto plazo, mediante una relación “economía de obra-costeo de uso”, basada en falsas economías iniciales, transfiriendo a los usuarios los mayores costos de conservación y mantenimiento. El costo de un edificio es más que la suma del costo del terreno, del proyecto y de su construcción. Hoy se reconoce el costo global, que además de los anteriores, incluye los costos de mantenimiento y conservación a lo largo de toda su vida útil.

La evaluación del desempeño de la Vivienda Social de la Ciudad de Buenos Aires ha permitido observar un deterioro edilicio prematuro, tanto por errores de proyecto y ejecución, como por un desequilibrado presupuesto de la gestión administrativa. El análisis de las expensas muestra el sobredimensionamiento de los gastos de sueldo de personal y honorarios de administración, por sobre las inversiones en mantenimiento. La distorsión en el uso de los recursos condiciona, significativamente, el desempeño de la vivienda social, acortando su vida útil. (Amarilla, 2005).

Los edificios de vivienda presentan una depreciación en su valor el cual oscila entre el 6% y el 30% en un período de 10 años, según se encuentren en estado óptimo o regular. Esta diferencia de valores evidencia la importancia de un apropiado mantenimiento. En la actualidad, la necesidad de mantener el patrimonio, sin realizar grandes inversiones, plantea el desafío de reducir esos montos,

9. LA CALIDAD DE LA VIVIENDA SOCIAL: Docencia, investigación y transferencia. Autores: Arq. Renée Dunowicz y Arq. Rodolfo Hasse

10. PROYECTAR PARA MANTENER - Arq. Renée Dunowicz

estableciendo desde la concepción arquitectónica, los criterios de calidad. Integrar el diseño, la producción, el uso y el mantenimiento desde el programa, constituye una de las más efectivas maneras de mejorar y conservar la calidad constructiva.

La degradación de las viviendas acelera el deterioro físico y social del espacio urbano. En nuestro país, donde construir una vivienda significa un esfuerzo económico importante, es imprescindible garantizar una adecuada materialización con vistas a una apropiada durabilidad, con un costo de mantenimiento al alcance del usuario.

La degradación prematura de la vivienda social financiada por el sector público puede constatarse en el Conjunto Habitacional Soldati, en avanzado estado de deterioro generalizado y que, lamentablemente, no es el único en tal situación. En el año 2000, el Municipio declaró el “Estado de Emergencia Habitacional” para el Conjunto Soldati y Piedrabuena, que en sus 5.300 viviendas albergan a más de 20.000 personas”.

La misma Arq. Renée Dunowicz<sup>10</sup>, refiriéndose a los Complejos Habitacionales Piedrabuena y Soldati, al mencionarlos como dos grandes ejemplos paradigmáticos, expresa lo siguiente para el caso del Conjunto Piedrabuena: “... la dificultad de mantener el Conjunto se relaciona tanto con las fallas preexistentes, como con la imprecisión de los límites de los subconsorcios. Para organizar el mantenimiento del Conjunto es necesario que se reparen las patologías relevadas, se adopten criterios administrativos compatibles entre el Reglamento de Copropiedad vigente y la realidad de los 107 subconsorcios, considerando las aspiraciones de los habitantes”.

Para el caso de Soldati, y refiriéndose a los inconvenientes existentes en la administración de los conjuntos, expresa lo siguiente: “En 1986 se sancionó el Reglamento de Copropiedad y Administración (RCA) del Complejo Habitacional Villa Soldati, el cual establece la existencia de un único Consorcio General que comprende 119 Consejos de Administración Sectorial (uno por edificio). Según el RCA, existen tres niveles de órganos de decisión: El Consejo de Administración General, integrado

por un representante de cada uno de los 119 edificios, el Consorcio Sectorial, correspondiente a cada uno de los 119 edificios y la Administración Sectorial de Nudos, correspondiente a los 12 nudos.”

Estos Conjuntos Habitacionales, emblemáticos de una época donde se requería de una rápida respuesta a numerosos sectores de la población con necesidades de acceso a la vivienda, permiten retrospectivamente, apreciar de manera más objetiva la problemática generada por su implantación.

Como expresa la Arq. Renée Dunowicz: “En ambos Conjuntos, la imprevisión en el proyecto de un modo apropiado de organización administrativa, posibilitó la elección de modelos de gestión de difícil implementación, En razón de la escala, 2.100 viviendas en Piedrabuena y 3.200 unidades de vivienda en Soldati, la adopción de una organización única y centralizada para la gestión administrativa genera serias dificultades que atentan contra su eficacia. Las fallas constructivas de estos Conjuntos, una de las razones de su deterioro prematuro, y la indefinición en la situación dominial, resultado de la contradicción entre la estructura espacial y la subdivisión en propiedad horizontal aplicada, dificultan su mantenimiento.”

Otros destacados profesionales se ocupan de las problemáticas creadas por estos grandes conjuntos respecto a su conservación edilicia, y especialmente, a la degradación ante la cual se encuentran sometidos por su falta de mantenimiento.

La Arq. María Beatriz Rodulfo<sup>11</sup>, refiriéndose a la localización y degradación, entre otros conceptos, afirma: “... los conjuntos habitacionales se localizaron espacialmente discontinuos, y muchas veces, desarticulados de la trama física y social preexistente, extendiendo la ciudad hacia terrenos de poco valor, con limitaciones ambientales críticas, y en otros casos, a expensas de espacios

---

11. *Políticas Habitacionales en Argentina. Estrategias y Desafíos.* Arq. María Beatriz Rodulfo.

verdes, tierras de calidad productiva o ecológica con efectos en la sustentabilidad. La lejanía o aislamiento relativo, incide en el costo-tiempo de los desplazamientos entre la población reubicada y la ciudad, y no genera un ambiente favorable a la integración social y urbanística, dificultando el acceso a oportunidades urbanas y la creación de redes sociales, colaborando con condiciones de diferenciación y grados de marginalidad relativas. Estas situaciones, se ven agudizadas en la ausencia de la decisión de los destinatarios respecto de la vivienda, y su localización da lugar también, a la baja valoración social y económica de los barrios. Esto incide por un parte, en conductas de incumplimiento de las obligaciones de pago de las amortizaciones comprometidas, y por la otra, en la escasa apropiación y desarrollo organizativo para hacer frente a la vida social en los conjuntos. Las manifestaciones visibles son: El descuido edilicio, de los espacios comunes, la ausencia de mantenimiento incidente en la propensión a la rápida degradación y pérdida del valor patrimonial de los barrios, contribuyendo a albergar expresiones sociales conflictivas, conducentes muchas a estigmatizarlos, y dando lugar a un nuevo tipo de problema. La racionalidad de una inversión, mirada desde lo sectorial, limitó las posibilidades de las transferencias al desarrollo urbano de la ciudad”.

Teniendo en consideración estos antecedentes históricos sobre los grandes complejos de viviendas sociales, responsables de originar una progresiva degradación por su falta de mantenimiento, con la consecuente pérdida de valor de las propiedades y su riesgo edilicio, ello originó en algunos casos por parte de la Legislatura del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, debieran ser pasibles de declararse en Emergencia Edilicia y Ambiental.

En la ciudad de Buenos Aires, uno de los problemas es la falta de terrenos y su elevado costo. Si bien esta Tesis no profundiza en dicho aspecto, se menciona que la propuesta de una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento, recomendada en este trabajo, se realiza para viviendas unifamiliares o edificios de planta baja y hasta tres pisos de altura como máximo. Esta última alternativa resulta la mejor opción, por encuadrarse

dentro de los alcances del Decreto N° 68/GCBA/10, el cual expresa: “... las viviendas colectivas de carácter social definidas en el Art. 1° de la presente de: Planta Baja más tres (03) Pisos Altos serán optativas de incluir en su diseño ascensores, según los artículos 5.11.4.2. Uso de los medios alternativos de elevación y 8.10.2.1. Finalidad y alcance de la reglamentación de ascensores y montacargas, cualquiera sea su: Ancho de parcela, tipología morfológica, cantidad de viviendas, superficie por unidad de vivienda y categoría (Ley Tarifaria); debiendo dejar obligatoriamente previsto el espacio necesario para la instalación de un ascensor con cabina tipo 2 y cumplir con lo prescrito en el Art. 4.7.3.2. Situación de los medios de salida en pisos altos, sótanos y semisótanos. En estos casos el Instituto de la Vivienda deberá adjudicar a las personas con necesidades especiales viviendas en la Planta Baja”.

Habiendo definido la tipología edilicia para esta propuesta de vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento, se ha focalizado en la descripción de las distintas tecnologías prescriptas y aplicadas en la construcción, formalizando una descripción de los diferentes materiales propuestos en una vivienda social sustentable, las diversas alternativas existentes desde el punto de vista de la eficiencia energética y el ahorro en el uso y mantenimiento de una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento. Las diferentes tecnologías y materiales, no solo inciden en la calidad de la obra, sino también, lo hacen en el tiempo de construcción y los costos asociados a los plazos de obra.

De esta manera, si bien es verdad que ciertas tecnologías pueden resultar sumamente costosas para este momento del país, por su falta de disponibilidad en el mercado, se las ha mencionado teniendo en cuenta que los avances tecnológicos, al profundizarse su implementación, necesariamente, producen una reducción de sus costos, permitiendo aprovechar sus virtudes de una manera mucho más completa y económica.

Si bien es cierto que las alternativas para mejorar la eficiencia energética de una vivienda, pueden ser incorporadas a construcciones ya realizadas y habitadas, solo

se ha planteado en esta Tesis su aplicación para viviendas nuevas, cuya morfología se encuadre dentro del concepto de una vivienda social sustentable y de bajo mantenimiento.

Como todas las nuevas tecnologías, en sus orígenes, presentan costos casi inaccesibles para el común de la gente y su utilización a nivel masivo. Sin embargo, al comprobarse sus virtudes y conveniencia o ventajas de utilización, se reducen los costos de fabricación del producto dada su mayor demanda, y al mismo tiempo, se mejora la calidad del producto final en base a la experimentación.

En definitiva, la Vivienda Social Sustentable y de Bajo Mantenimiento, con la incorporación de nuevas tecnologías, eficiencia energética, materiales sustentables, energías renovables y sistemas constructivos apropiados, resulta ser un camino a seguir, independientemente de las circunstancias del presente, y con el objetivo de una visión de futuro donde el ser humano se integre, nuevamente, como parte indisoluble del ambiente.



**GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN  
LA PLANIFICACIÓN URBANA REGIONAL,  
CONSIDERANDO LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA  
(AUMENTO DE LLUVIAS Y OLAS DE CALOR)**

Estudio de caso región del Sumapaz,  
Cundinamarca, Colombia

Autora: Ing. Dayana Marcela Pulido Ortega  
Director de Tesis: Dr. Ing. Alejandro Sarubbi

02.  
TESIS

## → INTRODUCCIÓN

En los países en desarrollo, en general, los asentamientos humanos son cada vez más vulnerables a la variabilidad climática. En particular, las grandes ciudades son cada vez más débiles a causa de la hiper-concentración de población, la dependencia de infraestructuras obsoletas y la falta de preparación de las instituciones locales.

Podemos observar que, aproximadamente, el 50% de las mayores ciudades del mundo están situadas en zonas sísmicas o de formación de ciclones, y el número de víctimas por desastres es 150 veces superior en los países en desarrollo respecto de los desarrollados, las pérdidas económicas en porcentaje en función del PIB, son 20 veces superiores en los países pobres. Así mismo, en las dos últimas décadas, los desastres naturales han causado, aproximadamente, 3 millones de muertos y afectado a 800 millones de personas, estimándose pérdidas económicas del orden de los 30 a 50 miles de millones de USD.

El impacto de los desastres sobre los asentamientos humanos puede ser de diferentes clases:

- > Causar heridos y pérdida de vidas humanas.
- > Interrumpir las actividades económicas y la productividad urbana.
- > Afectar las poblaciones más pobres, que suelen habitar en las zonas de más riesgo.
- > Provocar daños ambientales generalizados, como la pérdida de tierras agrícolas fértiles y la contaminación de los recursos hídricos.

Los departamentos y municipios en Colombia, por ley, deben realizar planes departamentales y municipales de gestión del riesgo de desastres a través de los consejos municipales de gestión del riesgo.

De acuerdo con la ley 1523 del Congreso de Colombia, estos planes deben llevarse a cabo según lo determinado en las guías establecidas por la Unidad Nacional

para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), ente encargado de regular el tema y hacer cumplir los ejes fundamentales para la gestión, conocimiento, manejo y reducción del riesgo, de tal manera que las entidades públicas permanezcan preparadas para prevenir los escenarios de riesgo y actuar ante una situación de emergencia, reduciendo así los impactos en la población.

A nivel global, podemos ver que, actualmente, existe una atención privilegiada a la optimización de la gestión del riesgo de desastres, por conformar una efectiva manera de solución a las problemáticas causantes de catástrofes en distintos lugares.

Específicamente, la variabilidad climática es uno de los factores de riesgo protagónicos, pues ha originado un panorama aún más amplio y complejo de riesgos para las sociedades y comunidades.

Los principales organismos nacionales e internacionales, como la Organización para las Naciones Unidas (ONU) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), han impulsado una gran cantidad de investigaciones, a fin de contrarrestar los efectos de la variabilidad climática y ampliar el margen de conocimiento en esta temática desde los entes gubernamentales.

Una muestra de la importancia que ha tomado la variabilidad climática, se hizo visible durante la vigésima octava sesión del órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT), el cual desarrolló un documento técnico, como parte de las actividades del programa de trabajo de Nairobi, sobre los efectos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático, con el objetivo de contribuir a los diversos países, en cuanto a entender y generar una evaluación de la vulnerabilidad, necesidades y desafíos respecto a la gestión del riesgo climático en el marco de las agendas y políticas públicas.

La planificación urbana y regional constituye un tema el cual debe ser proyectado con suficiente profesionalismo, contando con equipos multidisciplinarios capaces

de plasmar las verdaderas necesidades de la población a intervenir con su proyecto.

En este caso en particular, se estudia la importancia de la gestión del riesgo de desastres como herramienta para la planificación urbana y regional.

En Latinoamérica, existen documentos para el diagnóstico local desde las herramientas para la Gestión del Riesgo de Desastres, con los siguientes componentes: Estimación del riesgo, mapa comunal de riesgos, mapa de actores, declaratorio de emergencia, plan de operaciones de emergencia.

Ejemplo de ello, es la Mesa de concertación para la lucha contra la pobreza (Cáritas-Perú), que plantea la Gestión del Riesgo de desastres para la planificación del desarrollo local.

Sin embargo, la baja aplicación de los conocimientos teóricos en Gestión del Riesgo de desastres, dentro de los procesos de planificación en Latinoamérica, es una de las principales falencias, para la mitigación de la vulnerabilidad a la que permanecen expuestos los países.

En este orden de ideas, se vuelve fundamental el desarrollo de metodologías de fácil aplicación en el ordenamiento territorial, capaces de convertirse en una herramienta de apoyo en los temas concernientes a la sustentabilidad y planificación del desarrollo y el territorio, de manera eficaz para las instituciones responsables de éstos. (Rodríguez Seeger et al., 2008).

Por su parte, la investigación auspiciada por la Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE), desde su experiencia en el proyecto de Fortalecimiento en capacidades de la Gestión del Riesgo de desastres en Cusco, Perú, generó el documento: "Guía Metodológica para incorporar la Gestión del riesgo de desastres en la planificación del desarrollo".

Esta guía tiene en cuenta que el riesgo de desastres puede y debe gestionarse en la esfera del desarrollo, dado que es allí donde se origina, y, además, debe ad-

ministrarse como parte de la gestión de desarrollo y por los actores del desarrollo.

Conocer y no ignorar el riesgo, es parte de las responsabilidades del Estado en todos sus niveles (nacional, regional y local), dado que al Estado le corresponde la formulación de políticas que orienten el desarrollo y la planificación de la sociedad. (Lozano Cortijo. 2011).

Los datos de desastres asociados con el clima en la última década, dejan en claro que conforman uno de los fenómenos naturales más impactantes, siendo superados solamente por los terremotos (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2010). En números concretos, 3.852 desastres han causado la muerte de 780.000 personas, y dejaron casi 2 millones de personas afectadas en distintas categorías.

Según datos de la UNGRD, en el año 2017 se vieron afectadas por desastres naturales 603.302 personas, la mayoría de estos eventos asociados a sucesos de carácter cíclico, como temporadas de lluvias y sequía, siendo los de mayor impacto las inundaciones (79% de los casos de población afectada).

La mayoría de estos eventos se produjeron en zonas económicamente vulnerables del país, teniendo un carácter de doble afectación, debido a que estas mismas zonas presentan problemas sociales los cuales empeoran las necesidades humanitarias. Según el Índice para la gestión de riesgos (INFORM, por sus siglas en idioma inglés), Colombia registra un valor muy alto, y se posiciona en el lugar 30 entre 191 países del mundo en cuanto a crisis humanitaria (Oficina de Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios, 2017).

Los estudios demuestran que el cambio en el comportamiento del clima provoca situaciones de emergencia, muchas de las cuales no estuvieron debidamente analizadas, ponderadas y prevenidas.

Por lo tanto, esta investigación busca generar un análisis de esas situaciones de emergencia, estudiar los

planes de gestión del riesgo de desastres y medidas de ordenamiento territorial, para corroborar el grado de utilización de la gestión del Riesgo de Desastres.

En especial, esta investigación se focaliza en los efectos relacionados con la variabilidad climática en la planificación municipal, valorando el marco legal vigente tanto en Colombia como en otros países, y su efectividad en los planes de ordenamiento municipal y departamental, jerarquizando la planificación urbana y la calidad de vida sustentables.

El enfoque de los riesgos de desastres por variabilidad climática es el eje principal de esta investigación, con antecedentes teóricos de Naciones Unidas para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNISDR).

Uno de los objetivos de esta Tesis, será obtener el compromiso de las autoridades públicas para implementar las políticas y acciones tendientes a la reducción de desastres, especialmente, en los sectores más vulnerables.

Mientras los encargados de tomar las decisiones a todo nivel permanezcan comprometidos con las políticas y acciones para la reducción de desastres, más pronto las comunidades vulnerables a dichos desastres de origen natural, se beneficiarán con la aplicación de esas políticas y acciones a fin de acotar los impactos. Ello requiere, en parte, de un enfoque de base, mediante el cual las comunidades en riesgo se mantienen totalmente informadas y participan en las iniciativas para la gestión del riesgo.

Con lo anteriormente explicado, vemos la necesidad de implementar prontamente un análisis y preparación de los riesgos en las agendas públicas nacionales y departamentales, puesto que al involucrar entidades territoriales con un mayor peso político, las organizaciones en la siguiente escala tomarán dichas acciones como ejemplo, y de esta manera, será posible fortalecer la planificación territorial y reducir, en alguna medida, la vulnerabilidad de las regiones ante los desastres de carácter natural propiciados por la variabilidad climática.

## MARCO TEÓRICO

### Planificación

La planificación urbana y regional conforma una disciplina de gran importancia para el cumplimiento de los derechos humanos, puesto que el brindar territorios adecuados y mejores condiciones de vida es la finalidad de ésta, según lo declarado en la Carta Mundial por el derecho a la ciudad (Foro Mundial de las Américas, 2014).

La mitad de la población mundial está asentada en urbes, y de seguir este ritmo, podría llegarse a un 65% de la población para el año 2050.

Como actividad profesional, la planificación se consolidó durante la segunda posguerra, cuando en América Latina se torna necesario contar con instrumentos para solucionar los inconvenientes causados por el proceso de industrialización por sustitución de importaciones. Desde entonces, la práctica de la planificación tuvo diferentes etapas. Primero una perspectiva condicionada de la planificación a un método racional y posteriormente, la planificación se hace presente, en los procesos de toma de decisiones de políticas públicas (Catenazzi et al., 1998).

La planificación integral, el desarrollo de infraestructura de calidad y la gestión del riesgo, resultan fundamentales para fortalecer la resiliencia de las ciudades y los asentamientos humanos.

Esto se logra a través de la adopción y aplicación de Políticas de Estado a corto, mediano y largo plazo, integrales, basadas en evidencia, con enfoque en ciudades inteligentes donde se aprovechen las oportunidades de la digitalización, las energías y las tecnologías no contaminantes.

Para asegurar la resiliencia de las ciudades y reducir su impacto ambiental, es necesario incorporar la dimensión del ordenamiento ambiental del territorio, junto con la gestión integral del riesgo en los marcos norma-

tivos e instrumentos de planificación, en los distintos niveles de gobierno. En este sentido, es importante poner especial énfasis en los ambientes naturales y construidos, y la interfase rural-urbana.

La participación de todos los niveles de gobierno es necesaria en el desarrollo de resiliencia y la reducción de los efectos ambientales de las urbanizaciones. No obstante, resulta crucial el rol del gobierno nacional en el desarrollo de un marco normativo el cual permita regular y ordenar ambientalmente el territorio. Al mismo deberán adherir los gobiernos provinciales y municipales, a fin de alcanzar el desarrollo sostenible.

### Planificación y Gestión del Riesgo

Planificar ciudades conforma un proceso el cual requiere anexar distintas disciplinas, para que ésta se adapte de la mejor manera a la realidad dinámica de la urbe social, convirtiéndose en un lugar adecuado físico, social y económicamente para los ciudadanos.

El territorio muestra una estrecha relación con el desarrollo, el cual conlleva a la generación de escenarios de riesgo, por lo tanto, una de estas ramas es la gestión del riesgo de desastres, partiendo desde la premisa que toda urbe permanece expuesta a diversos riesgos, de carácter natural como sismos, inundaciones, olas de calor, lluvias torrenciales, vientos, entre otros, de la misma manera, que esa ciudad también se encuentra expuesta a riesgos de carácter antrópico, los cuales son causados por el hombre, como incendios, cambios en el clima, contaminación, etc.

El riesgo puede explicarse mediante la fórmula:

$$\text{RIESGO } R = \frac{\text{AMENAZA } A \times \text{VULNERABILIDAD } V}{\text{CAPACIDADES } C}$$

La planificación debe tener en cuenta los riesgos de desastres, pues es fundamental para los gobiernos, quienes buscan reducir la vulnerabilidad de sus poblaciones ante estos eventos, y evitar generar un peligro para el común desarrollo de la vida. Para lograrlo, se hace necesario tener en cuenta varios factores como: la geografía, la climatología, el análisis socio-económico, la historia del territorio, política, entre otros aspectos los cuales constituyen la base para la formulación de proyectos o leyes capaces de estimar los alcances de la evaluación, y ofrecer un manejo para que la planificación y organización del territorio traiga consigo beneficios para todos (ONU, 2011).

El reto que se presenta radica en vincular los modelos de urbanización y los procesos de generación de riesgos, con la evaluación y definición de indicadores de vulnerabilidad urbana (Lungo, M, 2014). Es decir, resulta crucial prepararse para reducir la vulnerabilidad y prever los riesgos, para que los modelos de urbanización se enfoquen en ello y no se conviertan en procesos posteriores de recuperación o mitigación de un desafortunado desastre.

En este orden de ideas, la evaluación minuciosa de cada probabilidad de riesgo, por pequeña que parezca, resulta sumamente importante, al significar la brecha entre una intervención la cual evite desastres o una gran intervención post-desastre capaz de transformar la regularidad de la urbe.

Aunque en Colombia se ha experimentado una importante evolución, en cuanto a introducir la gestión del riesgo de desastres en la planificación, aún no se logra una inclusión definitiva, pese a la importancia brindada al tema por parte de las entidades gubernamentales, al momento de impulsar sus procesos de planificación. Se requerirá una exigencia de trabajo capaz de abarcar desde el conocimiento completo del lugar, pasando por los aspectos sociales, políticos y económicos de la población, junto con el planteo de los distintos escenarios de desastres y sus planes de prevención y contingencia (UNGRD, 2015; Banco Mundial, 2012).

## Variabilidad Climática

La variabilidad climática es producto de la combinación de una serie de circunstancias, denominadas factores y elementos del clima, relacionadas con los cambios bruscos de clima, olas de calor, lluvias, y también, fuertes sequías.

Colombia, dada su ubicación geográfica entre dos océanos y una amplia zona costera y montañosa, es vulnerable ante los eventos climáticos, para lo cual, el enfoque territorial al cambio climático se torna fundamental, especialmente, en la planificación municipal y departamental.

En el territorio colombiano son evidentes los impactos de la variabilidad climática, que principalmente, se dividen en los fenómenos de El Niño y La Niña. Los mismos se presentan cuando el cinturón tropical de lluvia que rodea el globo norte del Ecuador se desplaza y cambia la temperatura; alterando las pautas de precipitación de todo el mundo (Albentosa, 1976).

Este fenómeno de variabilidad climática, genera preocupación a los encargados de los procesos de planificación del territorio al involucrar los recursos hídricos y los procesos de desarrollo; al generar cambios abruptos en el uso de los suelos, puesto que en los períodos de larga sequía o lluvias torrenciales, las zonas dedicadas a la agricultura presentan campos infértiles, generando una problemática en temas alimenticios, sociales y de planificación, originando la migración, y ésta a su vez, provocando nuevos asentamientos, variando las concentraciones urbanas y rurales actuales, y alterando con ello, la distribución de los territorios.

Estos fenómenos se asocian con la evolución, o también, en ocasiones, involución de la infraestructura ur-

bana (redes de servicios) para canalizar los efectos climáticos y mitigar desbordes de la misma. Esta infraestructura será el sistema de protección ambiental que minimizará, mitigará o compensará los efectos ambientales.

## PROTECCIÓN DE SISTEMAS AMBIENTALES

### Pautas que proyectan el plan hacia la protección de los sistemas ambientales

La protección de los sistemas ambientales es fundamental en la planificación, organización y desarrollo de un municipio o región. El descuido de los aspectos referidos, en especial, al recurso agua, son causantes de mayores escenarios de riesgo y vulnerabilidad en las poblaciones, como las inundaciones responsables anualmente de provocar cientos de damnificados y las sequías, causantes no solo de incendios, pérdida de cultivos e incluso vidas, sino también, de los procesos de migración del campo a la ciudad. Dado que el agua es el recurso fundamental para la vida del ser humano, debe ser preservada, pero principalmente, considerada en los procesos de planificación de una región.

## ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO

### Planificación de los municipios del Sumapaz

Los Municipios de la región del Sumapaz (Imagen 1), son diez, a saber: Arbeláez, Cabrera, Fusagasugá, Silvania, Tibacuy, Granada, Pandi, Pasca, San Bernardo y Venecia.



En el aspecto hídrico, la provincia del Sumapaz es privilegiada, al albergar “El Parque Nacional Natural del Sumapaz”, considerado el páramo más grande del mundo. El mismo se localiza en la cordillera Oriental y abarca territorios de los departamentos de Cundinamarca, Meta, Huila y el Distrito Capital, con una superficie de 154.000 hectáreas.

La temperatura media anual del parque varía entre los 19°C en las partes bajas (1.500 m) y 2°C para las partes altas (4.300 m).

Sin embargo, las actividades derivadas por la presencia del ser humano en el páramo se han convertido en un problema el cual se agrava con el tiempo, pues han contribuido con el deterioro del páramo. Además, los ofrecimientos de alguna alternativa por parte del Gobierno Nacional no han sido exitosos.

Aunque el páramo natural no ha sido habitado ni cultivado, sólo en algunas partes (en donde se toca una pequeña parte del páramo), la gente aún vive del cultivo y la ganadería.

Actualmente, sus habitantes se encuentran en la mira de entidades como Parques Naturales y la Corporación Autónoma Regional (CAR). Los campesinos niegan ser responsables del deterioro y cambio del clima registrados en el solar.

### **Protección de los sistemas ambientales que proporcionan el agua**

La protección de los sistemas ambientales responsables de proporcionar el recurso agua constituye un proceso complejo. En Colombia, dicho proceso se encuentra organizado por los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). Estos se dedican a brindar un manejo especial a las cuencas hidrográficas, de manera que según lo contenido en la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Ministerio de Medio Ambiente de la República de Colombia,

2014), las aguas ubicadas superficial o subterráneamente, enlazándose mediante una trama hidrográfica que posee uno o varios cauces naturales, con un caudal permanente o intermitente, y que desemboca en un río, pantano o en el mar, conforman las aguas colombianas para la República de Colombia (estipulado en el artículo 3, del Decreto 1640 del año 2012). El manejo y ordenamiento de las cuencas, implica partir del análisis de la misma desde varios aspectos, siendo concebido, en esencia, desde el enfoque integral de la misma, la cual conforma un sistema administrado en forma de red o trama, donde interactúan, agua, aire, suelo y biodiversidad con las poblaciones de la cual forma parte, vinculando así acciones políticas, sociales y culturales.

Para preservar el recurso del agua ante los efectos de la variabilidad climática, llámese a éstos, aumento de lluvias u olas de calor, es importante partir de un adecuado análisis de la cuenca para la proyección del Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas (POMCA), y con base a ello, dicho ordenamiento se torna importante para no desviar el horizonte trazado. El decreto de la ley 2811 del año 1974, propone una planificación ambiental del territorio, partiendo del establecimiento de normas y regulaciones, las cuales conllevan a la ordenada planificación y manejo de los recursos suelo, aire, fauna, flora y agua, en el país, y se resalta de manera especial, la protección de los recursos hídricos.

### **Gestión del riesgo y variabilidad climática en los municipios del Sumapaz**

Los municipios de la región del Sumapaz presentan evidentes escenarios de riesgo que ponen a sus habitantes en situación de vulnerabilidad. De los municipios de la provincia con mayor crecimiento demográfico y vulnerabilidad a escenarios de riesgo, se revisó si estos presentan en sus planes de desarrollo y gestión del riesgo, ítems con criterios de adaptación a la variabilidad climática, haciendo alusión exclusivamente a ellos de manera parcial.

En la región del Sumapaz, aunque los vientos, el calor y otros procesos ambientales generan incidencias, los afectados por el fenómeno del Niño son Tibacuy, Silvania, San Bernardo, Pandi y Pasca, de los cuales, presentan mayor incidencia Tibacuy y Silvania, presenciándose tanto incendios forestales como vendavales.

En cuanto al fenómeno de La Niña, los eventos que más afectaciones provocan en las poblaciones son deslizamientos e inundaciones, viéndose afectados los municipios de Tibacuy, San Bernardo, Pasca, Pandi y Cabrera.

Se deduce de este análisis de eventos de desastres, la existencia de municipios altamente vulnerables, tanto al fenómeno de El Niño como de La Niña, para lo cual, sus planes de ordenamiento y gestión del riesgo de desastres deben enfocarse en el conocimiento de dichos riesgos asociados a la variabilidad climática, y generar medidas drásticas para reducir los impactos de los mismos en la población, y con ello, evitar nuevos desastres en los años venideros, los cuales serán aún más drásticos, según estadísticas del Proyecto de Cambio Climático (PRICC) y del Instituto de Hidrología y Meteorología (IDEAM).

Dada la ubicación geográfica de Fusagasugá, Silvania y Tibacuy, así como su desarrollo urbano y la cercanía de estos a la capital de la república, se decidió efectuar un análisis más a fondo de los mismos. Durante el año 2016 se han presentado 27 emergencias atendidas en la región del Sumapaz, de las cuales, 15 han sido en los municipios analizados y se asocian a la variabilidad climática.

De los eventos presentados en los municipios analizados, el 80% de los mismos sucedieron en Fusagasugá, la cual, es la ciudad capital de la región y ha experimentado un amplio crecimiento urbano en los últimos años. Su extensión duplica a las demás, su geografía es variada, presentando zonas diversas y barrios de invasión, que por lo general, son los más afectados por estos fenómenos.

Los incendios forestales constituyen los eventos más recurrentes en los municipios analizados, por lo tanto, resultan excluyentes las acciones tomadas por los municipios en sus Planes de Gestión del Riesgo para mitigar dicha vulnerabilidad asociada a las sequías propias del fenómeno de El Niño.

Los otros eventos en importancia son las inundaciones propias de la temporada de lluvias, que en Colombia permanece asociada con el Fenómeno de La Niña, dada la reducción de la temperatura y distintos eventos relacionados.

En cuanto a los vendavales, se presentan con la misma recurrencia respecto de las inundaciones, generando altos impactos económicos en los pobladores. Es importante que en este aspecto, la prevención sea la principal estrategia de los planes de gestión del riesgo de desastres, partiendo de la socialización con la comunidad y la formación en el aseguramiento de techos y ventanería, por el riesgo que ello conlleva para sus vidas, y por su impacto económico, especialmente, en familias de bajos recursos.

En particular, se recomienda la revisión del volumen arbóreo (desarrollo y vejez de los árboles), que con frecuencia generan accidentes durante los vendavales, con impacto en materiales (techos de viviendas, vehículos estacionados en el espacio público), espacios verdes, y principalmente, la caída sobre transeúntes (personas transitando por la vía pública).

## PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN URBANA

### La gestión del riesgo por variabilidad climática en otras urbes de Latinoamérica

La expansión no planificada experimentada por distintas ciudades para hacer frente al crecimiento repentino de la población, en combinación con una planificación territorial inadecuada y con el débil manejo, por parte de las autoridades urbanas, en lo referido a la

regulación de las normas de construcción, conforman algunos de los factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas.

Para ofrecer una adecuada gestión urbana que haga a las ciudades verdaderamente resilientes, y puedan generar un desarrollo de su población, “es necesario unificar tres ramas en el desarrollo territorial, la gestión urbana, la gestión ambiental y la gestión del riesgo de desastres” (Fondo de Población de las Naciones Unidas (FNUAP)).

En Latinoamérica, la gestión de desastres ha evolucionado de los enfoques verticales de respuesta y ayuda de emergencia, hacia estrategias intersectoriales con planificación más abarcativa de actores relacionados ante la emergencia, para la gestión del riesgo.

Antes de los años noventa, se entendían a los desastres como eventos aislados, carentes de relación con los procesos sociales. Las intervenciones de los gobiernos y las organizaciones de ayuda humanitaria se orientaban a proporcionar una asistencia de emergencia, siendo inadecuadas para abordar los impactos sociales, económicos y ambientales de los desastres naturales.

Esta actitud cambió gradualmente hacia el énfasis en las medidas de preparación como almacenamiento de insumos de emergencia, planes de respuesta ante desgracias y mayor presencia de las organizaciones de ayuda humanitaria. Si bien este enfoque de planificación de contingencia mejoró la eficiencia de las organizaciones de ayuda humanitaria, no abordaba las múltiples causas del riesgo.

A continuación, se presenta un breve énfasis de cuatro lugares de Latinoamérica que poseen planificación de riesgo:

### **Buenos Aires, Argentina:**

Esta ciudad, una de las más importantes de Sudamé-

rica, agrupa a 2.890.151 personas, presentando una densidad poblacional de 14.450,8 hab/km<sup>2</sup>, de los cuales, el total de las personas residen en la zona urbana.

Gracias a su ubicación geográfica, muestra bajos índices de riesgo de desastres. En cambio, la situación es distinta en la provincia de Buenos Aires donde se presentan escenarios de vulnerabilidad asociados a inundaciones, tempestades, vendavales, sequías, incendios y contaminación.

La provincia de Buenos Aires posee un Consejo Provincial de Emergencia desde el año 2008. Según el Observatorio de Políticas Públicas de Argentina, existe una “Guía de políticas de inversión” responsable de los riesgos, donde el planeamiento territorial es preciso.

En la provincia de Buenos Aires, uno de los escenarios de riesgo responsables de la causa de los mayores eventos de desastre son los hidro-meteorológicos, pero también, se presentan eventos de carácter antrópicos, geológicos y biológicos.

El 69% de los desastres ocurridos en el país, entre 1970 y 2007, han sido ocasionados por eventos de origen hidro-meteorológico (Observatorio de políticas públicas. Período: 2008-2010).

Entre ellos los predominantes son: Inundaciones, neblinas, incendios, sismos, epidemias, incendios forestales, tempestades, aluviones, colapsos estructurales, actividad volcánica, plagas, deslizamientos, nevadas, olas de calor, contaminaciones, epizootias, cambio de línea costera, vendavales, tormentas eléctricas, explosiones, sequías, aludes, escapes, granizadas, marejadas, intoxicaciones y heladas.

Argentina es un país que presenta estaciones bien diferenciadas, sin embargo, los Fenómenos de El Niño y La Niña también son bastante notorios, según registros de su Instituto Meteorológico Nacional.

El Esquema de Ordenamiento Territorial de la Ciudad

Autónoma de Buenos Aires, y el Esquema de Ordenamiento territorial de la Provincia de Buenos Aires, plantean una reducción del riesgo de emergencias, especialmente, por riesgos relacionados con las inundaciones durante las temporadas de lluvia.

El Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Buenos Aires, proyecta lograr niveles de calidad ambiental capaces de generar una reducción del riesgo en la ciudad. Algunas de las acciones consisten en:

> “Concluir el plan hidráulico para el control de inundaciones y manejo de cuencas con territorios vecinos” (Secretaría de Planeamiento Urbano, Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, 2017).

> Canalización y tratamiento de afluentes.

Por su parte, el documento conjetura que la planificación y el riesgo de desastres se mantuvieron separados en Buenos Aires, brindando en el pasado poca importancia al riesgo por inundaciones, sin atacar sus causas generadoras. Deduciendo que tuvieron dos gestiones separadas: a) el manejo de las inundaciones, sesgado hacia intervenciones de carácter estructural; y b) la gestión de la ocupación de la ciudad (González, 1999).

Como evidencia de esas gestiones, el mismo documento plantea el uso residencial de zonas inundables, las cuales incrementaron los escenarios de riesgo de la ciudad y de la provincia en general, para lo cual, se buscaron soluciones tendientes a ordenar o generar un equilibrio en la ciudad. Posteriormente, los planes urbanísticos y de ordenamiento territorial (Código de Planificación Urbana del año 1977, Plan Urbano Ambiental, y nuevo Código Urbanístico del año 2018), organizan una mejor planificación del espacio público y privado.

El Plan Urbano Ambiental y de ordenamiento de la ciudad, confirma que estas acciones planteadas a partir de investigaciones más profundas, fueron importantes al momento de decidir la organización de la ciudad, respetando los entornos hídricos y la protección de los

sistemas ambientales, que con su existencia, reducen la vulnerabilidad de la ciudad ante eventos por cambio y variabilidad climática.

### **Bogotá, Colombia:**

Bogotá, Distrito Capital, no solamente es la capital de Colombia, también es la capital del departamento que la alberga: Cundinamarca. Éste se encuentra ubicado en la cordillera oriental de los Andes, con una altura de 2.625 msnm, según datos del DANE1, donde residen 8.080.734 habitantes. La ciudad presenta una densidad poblacional de 5.120,87 hab/km<sup>2</sup>.

Partiendo de la investigación efectuada por el IDEAM, (Ruiz Murcia et al., 2012), en el transcurso de los años 2001-2010, en la capital se presentaron altos niveles de precipitación causantes de varias situaciones de riesgo, como los desbordamientos de los ríos Bogotá y Tunjuelito, provocando emergencias por inundación, normalmente, debidas a la presencia del evento de variabilidad climática asociado a La Niña, fundamentando la hipótesis de que bajo la influencia de ese fenómeno en la escala interanual, se desencadena un aumento en la precipitación (Ruiz Murcia et al., 2012).

Por su parte, en la presencia del opuesto Fenómeno de El Niño, la ciudad muestra un severo déficit en el abastecimiento de agua, para lo cual, la empresa de acueducto responsable del servicio debe hacer uso de su máxima capacidad de proceso, utilizando las tres plantas y pozos de extracción de agua para garantizar la prestación durante las temporadas de sequías e incremento de la temperatura en la ciudad.

A partir de las necesidades de Bogotá y la región capital, en cuanto a cambio y variabilidad climática, surge el programa PRICC, del cual se genera investigación para la “Variabilidad y Cambio Climático”, y también, surge el documento “Plan distrital de gestión de riesgos y cambio climático para Bogotá DC, 2015-2050”, generado por la Secretaría Distrital de Ambiente, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climá-

tico, conformando una importante herramienta para el cumplimiento de los objetivos de Planificación y del nuevo Plan de Ordenamiento Territorial de la Ciudad (Secretaría Distrital de Ambiente, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER, 2017).

Dicho plan entiende que el sistema de gestión de riesgos, cambio climático y variabilidad climática, no deben ser asumidos de manera autónoma, sino permanecer asociados a otras herramientas, como lo son las de gestión o planificación y desarrollo territorial, por ello propone:

- > Evaluación de los efectos actuales del cambio climático sobre los ecosistemas, la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

- > Los riesgos de pérdidas o daños de las redes de prestación de servicios, movilidad, viviendas, infraestructura, ruptura del tejido social y humano, por ocurrencia periódica de eventos de origen hidro-climáticos, dada la localización geográfica del territorio expuesto a eventos hidrológicos climáticos, tanto de variabilidad normal y extrema (inundaciones, encharcamientos, movimientos en masa, granizadas y los incendios forestales).

- > Incluir los efectos del cambio climático sobre la variabilidad climática, conllevando a una mayor acentuación de los factores detonantes del riesgo.

El plan propone una estrategia, por medio de la cual, la ciudad pueda adaptarse a la actual variabilidad climática, buscando incrementar la resiliencia de la urbe gracias a la aplicación de planes. Sin embargo, dichos riesgos deben ser analizados en cuanto a la relación costo-beneficio, partiendo de las necesidades sociales, económicas y ambientales.

Teniendo en cuenta las demandas por variabilidad y cambio climático, y conformando esta una herramienta básica para el adecuado desarrollo de una ciudad en constante crecimiento, la administración distrital en el marco de su Plan Distrital de Desarrollo 2012- 2016

Bogotá Humana, estableció como uno de sus ejes principales: “Un territorio que enfrenta el cambio climático y se ordena alrededor del agua” (Secretaría Distrital de Ambiente, et al, 2017).

Dicho plan, expone que el agua es el medio de organización del territorio, y a partir de su adecuado manejo, se puede generar un ordenamiento del territorio el cual contribuiría a reducir las vulnerabilidades ambientales y sociales frente al cambio climático.

### **Ciudad de México, México**

La Ciudad de México, es una entidad federativa nombrada como la capital del país centroamericano, a 2.240 msnm, albergando una población de 8.9 millones de habitantes, los cuales pueden convertirse en cerca de 21 millones al ser unificada la Zona Metropolitana del Valle de México, posicionándose con ello, como la aglomeración urbana más grande del continente americano y una de las más importantes del mundo.

Como todas las grandes urbes, es propensa a gran cantidad de eventos de riesgo relacionados con la variabilidad climática y cambio climático, para lo cual, el gobierno generó el documento, “La visión de la ciudad de México en materia de cambio climático al 2025” (Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México, 2016). En el marco de ese documento, se habla acerca de los Riesgos por fenómenos naturales y los impactos de los mismos en la ciudad de México.

En el citado texto, se detalla un análisis socio-económico a partir de los efectos monitorizables -positivos o negativos- para la sociedad.

Se concluye que los eventos responsables de afectar una región, generan una implicancia en el lugar. Es así como los eventos de riesgo y catástrofes crean un impacto el cual debe ser tratado desde el análisis de desarrollo del lugar, a partir de distintos escenarios de crecimiento socio-económico.

En el caso de la ciudad de México, resultan evidentes los impactos socio-económicos asociados con lluvias, inundaciones, granizadas, desbordamientos, entre otros, analizados durante el periodo 1980-2013.

Del estudio de dichos datos (México, 2014), se concluye que esos impactos fueron de alrededor de USD 32,4 millones, y para el caso de los fenómenos inversos, como incendios de tipo ambiental, de USD 2,7 millones (Secretaría de Medio Ambiente. Ciudad de México, 2015).

Los fenómenos hidrometeorológicos representaron un 89% del valor total. El impacto económico acumulado es de 4.135,4 millones de dólares, representando un 74.4% de las pérdidas económicas de las catástrofes de Latinoamérica y el Caribe en todo el año 2011 (Secretaría de Medio Ambiente, Ciudad de México, 2016). Atento a ello, el gobierno de dicha ciudad tomó una serie de medidas:

> La contención de la mancha urbana, contemplando entre sus líneas de acción, crear un programa de planificación territorial, donde la ciudad genere una integración entre sus políticas ambientales y urbanas, buscando una adecuada planificación por medio de la creación de instrumentos adecuados y puestos en marcha por medio del Plan de Ordenamiento Territorial (Secretaría de Medio Ambiente, Ciudad de México, 2016).

> Construcción de la Estrategia de la Resiliencia de la Ciudad, la cual plantea como objetivo, la inmediata recuperación de la urbe tras sufrir una situación de desastre. La meta de la ciudad de México para el año 2025, en relación al tema del cambio y variabilidad climática, radica en sumar una "Estrategia de Resiliencia para la Ciudad". Por medio de la misma se beneficiarían cerca 8.8 millones de personas, al habitar un territorio resiliente al cambio climático.

El Fenómeno de El Niño impacta el clima en México, provocando una mayor precipitación en invierno y escasez de lluvia en verano. Así, la presencia de El Niño en el territorio mexicano permanece íntimamente liga-

da con la disponibilidad de agua. La escasez de lluvia en ciertos años, es quizá, la señal más evidente de un Niño fuerte, y son los costos de la sequía los que más se resienten en México.

Intentando una asociación entre El Niño y el clima de México, en términos generales, se puede decir que las lluvias de invierno se intensifican durante años con el fenómeno de El Niño, en el noroeste y noreste de México, mientras disminuyen hacia la parte sur.

Los inviernos con El Niño, por su parte, resultan más fríos en casi todo el país, mientras que los veranos con El Niño son más secos y cálidos respecto de los veranos con el fenómeno de La Niña. En años normales, el clima mexicano en invierno es parcialmente modulado por frentes fríos y lluvias invernales, tanto en la región de Baja California, Sonora y Chihuahua, como en la de Nuevo León y Tamaulipas, Estados ubicados al norte del país.

Algunos de estos sistemas de latitudes medias logran alcanzar bajas latitudes, convirtiéndose en los denominados "nortes", que los expertos identifican como el resultado de la acumulación del aire frío en latitudes medias e intensos gradientes meridionales de presión en la tropósfera baja, resultando en irrupciones de aire frío hacia los trópicos. Dichos "nortes" afectan el clima, tanto en esta región del país como en otras partes de Centroamérica y el Caribe.

El impacto de El Niño en las lluvias de invierno de México no es siempre el mismo, pues existen diferencias en las características y temporales de las anomalías de lluvia y temperatura de un año con fenómeno de El Niño, a otro sin dicho fenómeno.

### **Quito, Ecuador:**

Quito es la segunda ciudad más grande del Ecuador. Cuenta con 607.734 habitantes en la zona urbana, y 2.239.191 en su área Metropolitana, según datos del INEC (INEC, 2017).

Por su ubicación geográfica, esta ciudad es vulnerable a riesgos de desastres por cambio y variabilidad climática. Según la Comunicación Nacional de Cambio Climático (Comité Nacional sobre el Clima, 2001), los eventos de carácter natural ocurren con una frecuencia periódica.

Se espera, con el aumento de la temperatura, sequías e inundaciones recurrentes, derretimientos de glaciares, y una intensificación y variación de los patrones de precipitación, presentando un amplio espectro de impactos en el país.

En cuanto a los fenómenos por variabilidad Climática, Quito mantiene una precipitación inferior a los 100 mm la mayor parte del año, sin embargo, se presentan picos de lluvia entre 120 y 150 mm, entre los meses de marzo y abril, donde generalmente, se presenta la temporada de lluvias, y en algunos casos, el fenómeno de La Niña.

En cuanto a la temporada seca, los cambios de temperatura (Comité Nacional sobre el Clima, 2001) suelen mostrar una variación de 2 a 3 °C entre los meses más cálidos y fríos. Además, esta ciudad “a 2.850 msnm presenta diferentes climas, incluso, en el mismo día” (Inquito, 2005, citado en Serrano Chano, 2010, y Sheila Serrano Vincenti, 2012). Por lo anterior, el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022, generó un diagnóstico territorial donde enmarca a la ciudad de Quito en un contexto geográfico irregular, heterogéneo, con una amplia diversidad de recursos naturales, pisos climáticos y ecosistemas, más un importante crecimiento demográfico.

El desarrollo urbano de Quito, a partir de los años setenta del siglo pasado, ha observado una forma de crecimiento físico-expansiva de baja densidad e inequitativa, evidenciando varias ineficiencias funcionales y ambientales (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2017).

Entre dichas ineficiencias se nombran: (i) inestabilidad en cuanto al desarrollo regional, debido a las marcadas

diferencias territoriales; (ii) la expansión de las ciudades hacia zonas rurales y ecosistémicas; (iii) normativas orientadas a los patrones urbanos preestablecidos, dejando de lado los procesos de expansión (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2017).

Así pues, su actual Plan de Ordenamiento Territorial busca en el tema de la gestión del riesgo, dentro de la planificación, suministrar un marco normativo actualizado y actualizable para el uso del suelo y las construcciones, incorporando la variable riesgo, ya que para evitar generar nuevos riesgos de desastre, es necesario que la normativa existente ofrezca actualizaciones regulares con la información y datos sobre riesgos y desastres dentro del Distrito (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2017).

Dicho plan también busca una protección del recurso agua y un fortalecimiento de las acciones preventivas en favor de los ciudadanos. Así lo deja claro en el objetivo de su Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022, el cual tiende al fortalecimiento de las medidas de adaptación en la gestión de los sistemas de agua potable, salud, biodiversidad, agricultura, infraestructura, entre otros; tanto como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en sectores estratégicos, como energía, movilidad y residuos. En paralelo, centra su estrategia en la participación ciudadana e institucional, junto con la generación y gestión de información sobre cambio climático para la toma de decisiones (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2017).

Estas medidas generan un fortalecimiento legislativo para reducir la vulnerabilidad de la ciudad ante eventos de riesgo climático, y a su vez, reafirman la conocida preparación de este país en cuanto a la gestión de riesgo de desastres.

### **Evaluación de herramientas tecnológicas para los diagnósticos de vulnerabilidad**

La protección de la población ante una situación de

emergencia, sea ésta por variabilidad climática o no, es el principal objetivo de los programas de los gobiernos, empresas y demás entidades. De allí que el Sistema de Alerta Temprana (SAT), debería conformar la reunión de los instrumentos o herramientas, y los procedimientos, por medio de los cuales se supervisan las amenazas, escenarios y eventos de riesgo, a través de la toma de datos y alerta a la comunidad, para obtener pronósticos sobre lo ocurrido y los efectos desencadenantes de los mismos. Dichos elementos transitorios son de carácter vital para evitar pérdidas de vidas en el momento de presentarse un evento de desastre, pues gracias a ellos, se han salvado cientos de vidas en el mundo (UNESCO).

### Sistema de Alerta Temprana (SAT)

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT), constituyen herramientas capaces de proveer una información oportuna y eficaz a través de instituciones técnicas, científicas y comunitarias, por medio de elementos que permiten a los individuos expuestos a una amenaza latente, la toma de decisiones para evitar o reducir su riesgo, potenciando así su preparación, y brindando una adecuada respuesta en función a sus capacidades (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2016). Los SAT contribuyen a las personas y comunidades que enfrentan una amenaza, para actuar con suficiente tiempo y reducir la probabilidad de sufrir lesiones personales, pérdidas de vidas humanas y daños a los bienes y al ambiente. La alerta temprana brinda un adecuado respaldo técnico a las comunidades o individuos, para actuar con tiempo suficiente y de manera apropiada, a efectos de reducir la posibilidad de daño personal, pérdida de vidas, deterioros a la propiedad y al ambiente, ante una amenaza o evento adverso responsable de desencadenar situaciones potencialmente peligrosas.

Desde los lineamientos internacionales, la UNISDR propone cuatro componentes fundamentales, los cuales, no son eficientemente cumplidos por parte de los municipios, planteándose lo siguiente como medida inicial

para cada uno de ellos:

1. Detección y pronóstico de amenazas: Es importante que los entes gubernamentales identifiquen las zonas de riesgo, a fin de ser debidamente consideradas en los procesos de planificación y desarrollo.
2. Evaluación de los riesgos e integración de la información: Por medio de las guías y leyes del país, los municipios y regiones deben elaborar herramientas, tanto para evaluar la vulnerabilidad de la población y el territorio, en general, incluyéndolas dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo.
3. Divulgación oportuna, confiable y comprensible: Cuando se conocen los riesgos, los mismos serán divulgados a todas las instancias como herramienta de sostenibilidad del territorio, por ende, la documentación, y en especial, los planes de respuesta y emergencias, deben ser claros y comprensibles por parte de cualquier persona, conteniendo todo lo necesario para la actuación ante eventualidades; siendo importante que la información resulte real, en este aspecto, es donde los sistemas de alerta temprana rendirán eficientemente, junto con la implementación de tecnologías y herramientas de comunicación entre vecinos y entidades públicas, las cuales, permanecerán a disposición y serán comprendidas y administradas por todos.
4. Planificación, preparación y capacitación para la respuesta en todo nivel (institucional y comunitario). El conocimiento del riesgo será práctico y no un tema documental, siendo transmitido a la comunidad en general, para que estos sean protagonistas en la reducción de la vulnerabilidad, conozcan su territorio, sepan evaluar el clima, el comportamiento de los ríos, y cuenten con sistemas de comunicación para alertar ante un episodio fortuito. Permanecer preparados es la manera más eficiente para salvaguardar la vida de las comunidades, articulando cualquier acción emprendida para la alerta temprana con las acciones de planificación en gestión del riesgo, y por ende, con las acciones de respuesta y recuperación.

## Sistemas de alerta temprana en Colombia

En los últimos años, Colombia se ha unido a redes internacionales de pronóstico y alerta de diferentes fenómenos naturales, mediante convenios con Naciones Unidas en el marco de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Desde los años 60, se han implementado redes de monitoreo hidrometeorológico, las cuales incluyen redes de comunicación para intercambio de datos e interacción con otros centros regionales, y actualmente, con otras estaciones y redes mundiales para el procesamiento de la información recolectada. A partir de los SAT comunitarios, se pretende ampliar las alertas, y por consiguiente, la toma de medidas de prevención, mejorando la organización comunitaria e integrando el conocimiento técnico-científico, y luego, con la práctica local, al tomar sus propios datos, determinar el grado y tipo de alerta necesaria para poner en acción la estrategia de respuesta comunitaria.

Para fenómenos de gran escala, existen los sistemas nacionales de alerta temprana administrados por entidades de orden nacional, como el IDEAM, DIMAR, la Corporación OSSO y SGC; junto a ciertos sistemas regionales instalados por Corporaciones Ambientales (CAR), así como algunos sistemas municipales. Estas entidades han implementado, a lo largo de las últimas décadas, redes manuales y automáticas para una mejor comunicación de los fenómenos naturales del territorio, buscando conocer sus características espacio-temporales y preparando a la población ante posibles desastres naturales.

Sin embargo, debido a la diversidad y complejidad del territorio colombiano, muchos de los fenómenos amenazantes muestran características las cuales no se reflejan en los sistemas nacionales de monitoreo y pronósticos, por ello, se buscan medidas alternativas capaces de posibilitarle a la población ponerse a salvo ante fenómenos como las crecientes súbitas, los deslizamientos de tierra, los sismos, los tsunamis locales y las erupciones volcánicas.

En la actualidad, se trabaja en la implementación de

nuevos sistemas de alerta temprana con cobertura nacional, regional o local. El IDEAM, como entidad hidrometeorológica nacional, ha modernizado sus 247 estaciones hidrometeorológicas con comunicación satelital existentes, y se encuentra en el desarrollo de un proyecto para la adquisición, instalación y puesta en marcha de una red de radares meteorológicos.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, trabaja actualmente en el uso de las modernas tecnologías digitales como apoyo para la transferencia de las alertas al público y a los usuarios, lo cual demanda una mayor capacidad de las estructuras de comunicación móvil.

Se propone adelantar los estudios necesarios de tipo técnico, financiero y jurídico para determinar si las actuales redes se encuentran en condiciones de soportar este tipo de servicios, identificar si las condiciones actuales de cobertura de las redes de los operadores móviles posibilitan la prestación de este tipo de servicio a las comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo de desastres, determinar los costos necesarios para su implementación, definir quién o quiénes asumirán dichos costos, y, establecer la normativa necesaria para su aplicación. En este sentido, cobra vital importancia el trabajo conjunto desarrollado frente a los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en el país, reconociendo la importancia del conocimiento técnico y el comunitario, de manera de aplicarse el monitoreo de los diferentes eventos y activarse los canales de comunicación establecidos.

## SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA COMUNITARIOS

### Propuesta de un SAT comunitario

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) tienen como objeto salvar vidas humanas, reducir o evitar lesiones personales y disminuir las pérdidas de recursos del ámbito social y económico, a través de la oportuna y ade-

cuada difusión de la información de la alerta, contando con el tiempo suficiente para que la población ponga en marcha las acciones necesarias de protección (Ley 1.523 del año 2012).

Para la implementación de un SAT, es necesario considerar los siguientes elementos: El grado de tecnificación, las particularidades de la región, el acceso y la disponibilidad de información geofísica, las comunicaciones existentes y los recursos disponibles, con el objetivo de sacar el máximo provecho de la información obtenida.

Para comenzar, resulta fundamental aclarar lo siguiente: Una amenaza natural no debe considerarse como desastre, ya que desastre se refiere “al resultado desencadenado a partir de la manifestación de uno o varios eventos naturales, los cuales al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, o los recursos naturales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, exigiendo del Estado y del Sistema Nacional ejecutar acciones de respuesta” (Coca, G., 2013).

Si la comunidad no cuenta con redes de observación o medición, debería planificarse la implementación de los SAT, los cuales aportarán la información y los oportunos datos para ajustar el escenario de activación del sistema.

De igual manera, la comunidad es poseedora de información valiosa, la cual podrá brindar a través del mapeo comunitario, esencialmente, por medio de los habitantes más antiguos de la zona, como, por ejemplo, información de antecedentes de emergencias y escenarios más críticos sucedidos en el pasado.

Entre mayor cantidad de datos sea posible obtener, mayor será el conocimiento acerca de los fenómenos a los cuales se enfrenta la comunidad.

Así como lo anterior forma parte del componente de amenaza en el conocimiento del riesgo, así mismo, se torna necesario conocer y analizar la vulnerabilidad presente en el territorio, es decir, el grado de exposición física, económica, social, ambiental o institucional actual, además del historial de crecimiento de ésta, el cual normalmente, sigue patrones relacionados con el desarrollo socioeconómico de la comunidad o población.

### Vigilancia de las amenazas y servicios de alerta

A través de diferentes opciones técnicas de comunicación, en la actualidad, resulta factible generar alertas de los fenómenos naturales de manera visual o mediante sensores remotos.

La vigilancia a partir de sensores remotos puede ser local o automática a distancia. De igual manera, la autoridad hidrometeorológica (IDEAM), el SGC para otros fenómenos, y otros entes comunitarios (debidamente capacitados, validados y coordinados por las autoridades nacionales en la materia); determinan el estado y grado de alerta, dentro del proceso de cuantificación de la alerta y su grado. La participación y el trabajo en conjunto de la comunidad, resultan aspectos fundamentales para el entendimiento de las condiciones y las características de su territorio, y de cómo estas influyen en la ocurrencia de los desastres naturales.

Para el caso de las comunidades residentes en las partes bajas de los ríos y expuestas a fenómenos de inundación o súbitas crecientes, se podría acordar una estrategia de comunicación con las comunidades aguas arriba, a los fines de contar con algunos minutos de anticipación, lo cual podría significar salvar vidas.

Cabe aclarar la inexistencia a la fecha, en Colombia, de precisos modelos de determinación de la llegada de crecientes. Los tipos de vigilancia aplicados se listan y describen a continuación:

> **Vigilancia Visual (Especialmente, en SAT para inundaciones y crecientes):** El fenómeno meteorológico más recurrente en la zona tropical es la precipitación. Para medir la cantidad de lluvia precipitada en un período de tiempo establecido, se emplea un instrumento denominado pluviómetro. Existen diferentes modelos de dicho instrumento, el cual se caracteriza por su bajo costo, inclusive, puede ser elaborado por la misma comunidad.

> **Vigilancia Automática:** Contando con mayores recursos económicos, sería posible instalar sensores para el registro continuo de los datos meteorológicos o geofísicos a recolectar, y comunicarlos en tiempo real y de manera continua al integrante comunitario asignado como observador, o mejor aún, a una central de proceso de información, ubicada aguas abajo o en el centro poblado. Actualmente, las técnicas de monitoreo y comunicación de datos permiten contar con diferentes alternativas en cuanto a la frecuencia para la toma de los mismos, su medio de transmisión, y el sistema de almacenamiento remoto e instalación de alarmas, que se activan cada cierto umbral previamente establecido. En algunas cuencas, podrían instalarse sensores automáticos encargados de transmitir la información al centro de proceso de datos, ya sea vía radio, por celular, o viceversa.

> **Vigilancia mixta:** Es necesario que los servicios de monitoreo meteorológico, en cabeza del IDEAM, Corporaciones Ambientales y demás entidades, municipios u oficinas locales de gestión del riesgo de desastres, se acoplen unos con otros para que la información llegue a tiempo a las comunidades demandantes de las alertas.

### Dispersión de las alertas

Los datos de los entes institucionales técnicos deben ser comunicados de manera oportuna a la población, siendo este un tema de difusión donde los comunicadores y los líderes comunitarios tienen la palabra, para lo cual, dicha información será precisa y entendible.

En el caso de Colombia, muchas de las alertas para fenómenos súbitos son de carácter general y para grandes regiones. Además, los tiempos de medición de la amenaza son muy amplios, dejando un margen de incertidumbre a quienes la reciben. Contando con un SAT comunitario los habitantes podrían, a partir de las alertas generales, precisar sus alertas y hacer funcionar sus propios sistemas de alarma. Para ello, se requiere contar con los correspondientes protocolos, los cuales serán difundidos y evaluados periódicamente.

Así mismo, el sistema de alarma implementado deberá funcionar las 24 horas, los 365 días del año, por ello, deben establecerse mecanismos alternativos capaces de garantizar el funcionamiento del sistema, considerando que bajo condiciones adversas de clima o fenómenos como los sismos, este puede dejar de funcionar, por lo tanto, es importante el concepto de alarma personal, de manera de no generar dependencia sobre estos sistemas, considerando su posible afectación durante una emergencia o su fallo por diversas razones.

### Educación y preparación para actuar

Para el correcto funcionamiento y desarrollo de los SAT, es vital acompañar y preparar a las comunidades para que sepan actuar ante un evento amenazante.

### Sistemas de monitoreo y alerta

Los mecanismos utilizados en los SAT dependen de las características y particularidades de los eventos a monitorear (lluvias, volcanes, huracanes, tsunamis, entre otros), de su ubicación geográfica y de los recursos disponibles, pudiendo ser: Sistemas Manuales o Sistemas Automáticos.

## PLANTEAMIENTO: SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS

Este proyecto propone para los municipios de la región

del Sumapaz, la ejecución de un SAT compuesto por sistemas de redes telefónicas e internet inalámbrico, instaladas en las partes altas de los ríos y en zonas vulnerables a inundaciones, avalanchas, deslizamientos o incendios. Dichas redes, de carácter comunitarias, serán manejadas por los habitantes de la zona, pero interconectadas y monitoreadas por expertos desde los centros de monitoreo propuestos para ser ubicados en los 3 municipios de la región con mayor ingreso económico.

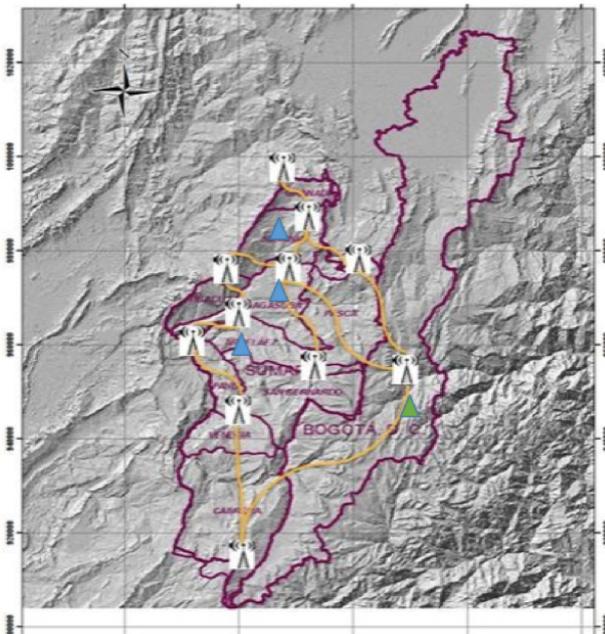


Imagen 4. Propuesta redes, antenas y centros de monitoreo y control. Fuente: Elaboración Propia

**Centro de monitoreo:** En este se recibirá la información de las estaciones hidrometeorológicas y de la población que transmitirá las emergencias en tiempo real, teniendo la potestad de avisar, también en tiempo real, a las administraciones locales el estado o nivel de emergencia para hacer efectivos los planes locales de emergencias y respuesta.

**Centro de control:** Desde allí se dará la orden de iniciar la actuación para la atención de emergencias, y se gestionarán recursos y profesionales idóneos cuando el riesgo es mayor e involucre peligro para uno o varios

municipios en mediano o alto impacto.

Adicionalmente, y a fin de fortalecer este proceso, se plantea la implementación de 21 centros de tomas de datos, compuestos cada uno por una estación hidrológica y una meteorológica y de propiedad del SAT de los municipios de la provincia del Sumapaz, con el fin de acceder a sus datos en tiempo real, optimizando la eficiencia de los procesos al reducir la gestión que implica recurrir a los datos de centros nacionales encargados de las 16 estaciones actualmente activas en la región, de las cuales 8 son meteorológicas y 8 hidrológicas. (Ver Imagen 5).

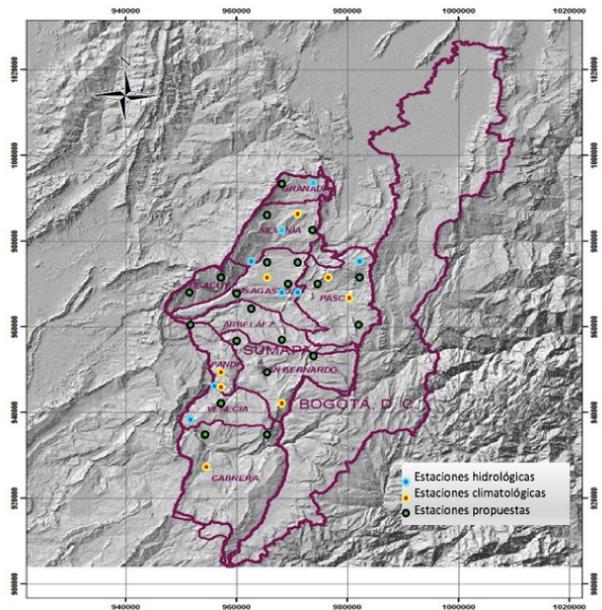


Imagen 5. Estaciones hidroclimatológicas existentes y propuestas Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la carencia en estos municipios de un sistema de alertas tempranas altamente desarrollado, pero que gracias al crecimiento urbano esta región cuenta con redes de telefonía móvil, se plantea como opción, abastecer de conexión a internet a los lugares en los cuales una amenaza se podría desencadenar, generando un eventual riesgo para los pobladores, como las montañas aguas arriba de los ríos y quebradas, por medio de redes capaces de conectar

los puntos de inicio de los eventos de riesgo con las demás zonas que puedan ser afectadas, logrando una conexión inmediata con policía, bomberos, defensa civil y los centros regionales o departamentales de gestión del riesgo de desastres, en el caso de la provincia del Sumapaz, con la Unidad Administrativa Especial para la Gestión del Riesgo de Desastres, dependencia de la gobernación de Cundinamarca.

Dichas entidades activarán su plan de contingencia previamente establecido para este tipo de evento, a fin de salvar las vidas de los pobladores y reducir los impactos lo más posible, buscando evitar un manejo post-desastres con episodios evitables. De la misma manera, es importante que todos los municipios de la región permanezcan interconectados para prestar servicios entre ellos en caso de emergencias. Es substancial tener en cuenta que el crecimiento de los usuarios de telefonía debilitan la intensidad de las redes, por ello, se propone la implementación de torres en cada uno de los municipios interconectados, a los fines de activar los sistemas de alerta en cualquier parte del municipio, y posteriormente, informar a los municipios aledaños, teniendo como centros de monitoreo y atención más importantes, la capital de región y la Unidad Administrativa Especial para la gestión del riesgo de desastres.

## ACCIONES ANTE EMERGENCIAS

Las emergencias por variabilidad climática pueden deberse a diferentes fenómenos, naturales o antrópicos. En este caso, los fenómenos objeto de estudio son los relacionados con El Niño y La Niña.

Para la atención de emergencias, es importante contar con un conocimiento previo del riesgo, y así implementar planes de contingencia o respuesta adecuados. Sin embargo, existen acciones básicas las cuales deben estimarse especialmente y que son objeto de este planeamiento.

Se tienen dos tipos de medidas: Estructurales y no

estructurales, por medio de las cuales, el proceso de manejo de la emergencia se ejecuta, y de realizarse correctamente, contribuye a la resiliencia del territorio y los habitantes afectados por un desastre. Para las mismas, se plantea a continuación, un proceso básico el cual debe ser considerado por las autoridades locales en el marco de sus planes:

### 1. Obras de mitigación y/o emergencia:

> Evaluación del estado del territorio y las estructuras.

> Implementar obras de emergencia dependiendo del tipo de incidente: Manejo de aguas, bombeo y drenaje, estructuras de retención, protección de diques en riesgo de colapso, aseguramiento de estructuras afectadas por el evento, puentes de emergencia en caso de crecientes que incomiuniquen comunidades, obras de contención y remoción de material en caso de deslizamientos, plantas de agua portátiles para la atención y garantía del abastecimiento del servicio a la comunidad afectada, construcción de campamentos de atención de la emergencias o la intervención evaluada por parte de los ingenieros encargados de responder ante la emergencia considerada necesaria para mitigar el impacto en la población y/o el territorio afectado.

> Superada la emergencia, evaluar las afectaciones, acompañados por la oficina de planificación y obras.

Dependiendo de la magnitud del desastre, se solicitará el acompañamiento del Instituto de Infraestructura y Concesiones del departamento.

### 2. Infraestructura pos-desastre:

> Realizar estudios y diseños, así como la posterior ejecución de las obras, para los proyectos resultado de la emergencia, como estructuras de retención, contención o sistemas de drenaje.

> Medidas no estructurales: Intervenciones para el ma-

nejo de la emergencia, incluyendo, planes, formación, concienciación, atención y políticas, allí encontramos:

a. Sistema de Alertas Tempranas:

> Activación e Implementación de los Sistemas de Alertas Tempranas en campo y activar el procedimiento de manejo de emergencias.

> Activación de los sistemas electrónicos y manuales de alertas tempranas y los centros de comando.

b. Puesta en marcha de planes:

> Implementación de centros de atención de emergencia.

> Aplicación de los conocimientos adquiridos por instituciones y la sociedad civil, como evacuación o movilización de la zona en emergencia.

> Comunicación durante el evento de emergencia a la población.

> Comité de emergencia para activar la ejecución del plan de manejo y atención de emergencias.

> Implementación de centros de atención de emergencia.

## RESULTADOS

Como resultado del proceso de investigación, por medio del modelo matemático de proyección, utilizando los slides para el clima del IDEAM (Instituto de Hidrolo-

gía, Meteorología y Estudios Ambientales), se diseñaron mapas con el programa ARCGIS asociados a los fenómenos de El Niño y La Niña para los años desde el 2041 hasta el 2100.

Los mismos generan un cruce de la información meteorológica para las temporadas de lluvias y sequías de la provincia del Sumapaz, y brindan como resultado, los cambios en la Temperatura provocados dentro de las épocas de verano, y en los casos extremos, la presencia del fenómeno de El Niño, junto a ellos, los mapas asociados a las temporadas de lluvia, coincidentes generalmente con la presencia del fenómeno de La Niña. En ellos, se puede observar el incremento de lluvias y los picos a registrarse en ciertos periodos. Posteriormente, se utilizó el censo poblacional para Colombia del DANE, con base en los cuales, utilizando el mismo método en ARCGIS, se cruzó la densidad poblacional para el año 2020, como factor más importante para los procesos de planificación con la vulnerabilidad ante los fenómenos de La Niña y El Niño, teniendo en cuenta los datos obtenidos de IDEAM.

## MAPAS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2011 y 2040 para el fenómeno de El Niño:

Para el período comprendido entre los años 2011 y 2040, los cambios de temperatura durante el fenómeno de El Niño podrán fluctuar entre 0,0 °C y 1,2 °C, evidenciando un calentamiento progresivo del territorio, el cual, aunque no deja grandes estragos ambientales, se convierte en un escenario propicio para la pérdida de vegetación y los incendios forestales, junto a ello, en los últimos años, este fenómeno climatológico se ha presentado con mayor fuerza y duración.

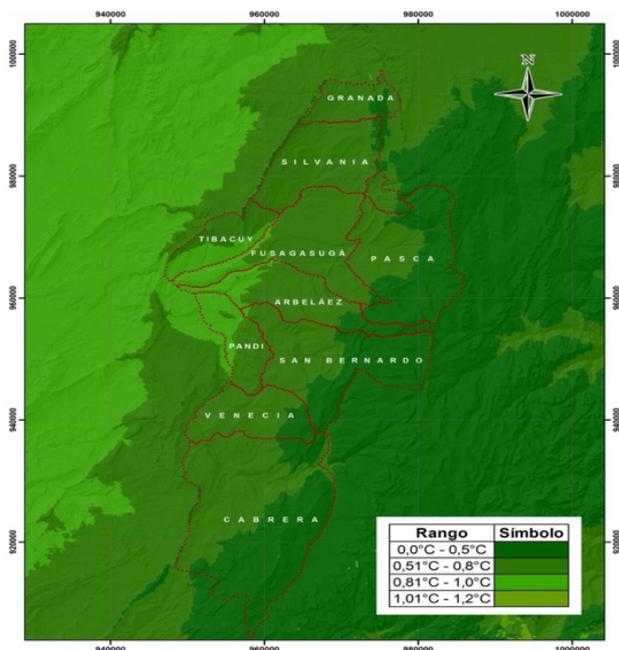


Imagen 6. Análisis del fenómeno de El Niño, ciclo 2011-2040  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

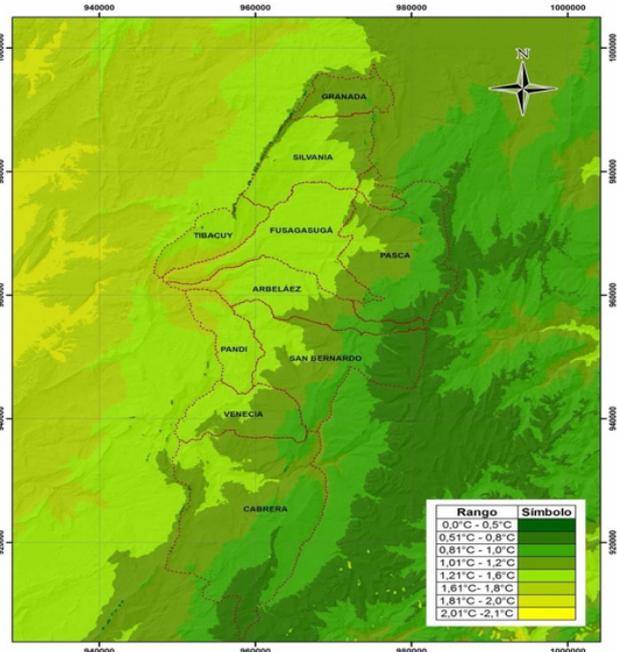


Imagen 7. Análisis del fenómeno de El Niño, ciclo 2041-2070  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2041 y 2070 para el fenómeno de El Niño:

Observamos aumentos de temperaturas, incluso, en el área perteneciente al páramo del Sumapaz, uno de los más grandes del mundo. Ello genera una barrera de protección climatológica e hídrica a esta zona, sin embargo, se aprecian cambios de temperatura los cuales podrían implicar, con el paso del tiempo, graves desastres naturales.

En el periodo comprendido, los municipios de Pandi, Arbeláez, Fusagasugá, Silvania y Tibacuy presentan un cambio de temperatura para la temporada de fenómeno de El Niño. Este cambio puede presentar entre 1 °C y 2 °C, situación responsable de generar no solo impactos de carácter natural, sino también, una problemática socioeconómica, dado que la economía de esos municipios, en su mayoría, es agrícola, no obs-

tante, este fenómeno es conocido por crear periodos de sequía impulsores de movimientos poblacionales y cambios en la economía.

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2071 y 2100 para el fenómeno de El Niño:

El panorama de este estimado climático, el cual se aprecia en la Imagen 8, resulta preocupante, partiendo de que los municipios de Tibacuy, Arbeláez y Pandi, presentan picos de temperatura fluctuantes hasta los 2,5 °C. Dichos cambios son generadores de incendios ambientales, sequías, y preocupantemente, la desertización de zonas donde se encuentran conglomerados poblacionales. Estos drásticos escenarios podrían generar un impacto negativo, incendios forestales y un debilitamiento de las cuencas hídricas causantes de drásticas sequías, debilitándose el abastecimiento de agua en una región privilegiada al respecto.

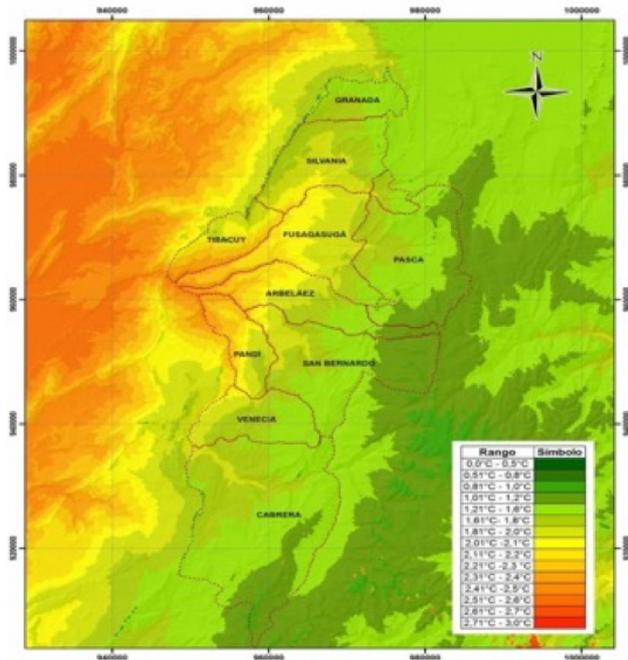


Imagen 8. Análisis del fenómeno de El Niño, ciclo 2071-2100  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

## MAPAS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL FENÓMENO DE LA NIÑA

La situación para los demás municipios no son menos favorables, puesto que los picos de calor fluctuarán entre 1,61 °C y 2,1 °C, lo cual, no solamente altera las dinámicas ambientales, sino que se convierte en una situación difícilmente reversible, si no se toman medidas inmediatas para que la variabilidad climática y el cambio climático no alcancen estos drásticos escenarios generadores de un negativo impacto, con incendios forestales y un debilitamiento de las cuencas hídricas responsables de drásticas sequías, las cuales dejen sin abastecimiento de agua a una región hoy privilegiada en ese aspecto.

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2011 y 2040 para el fenómeno de La Niña:

En cuanto al porcentaje de precipitaciones para este periodo, en la Imagen 9 se puede observar como la mo-

delación matemática demuestra una mayor intensidad, pero con área de cobertura.

Ello es producto del cambio climático, por ende, se recomienda que los municipios con mayor riesgo por este evento, generen y activen de manera inmediata sus planes de gestión del riesgo de desastres. Deberían comenzar por los Sistemas de Alertas Tempranas, incluyendo sirenas en las partes altas de la cuenca, centros de monitoreo, conexión inmediata con las entidades departamentales y nacionales de gestión del riesgo de desastres, medidas de mitigación que reduzcan las amenazas, reforestación de las riberas de los ríos y demás afluentes hídricos, preparación de la población.

Se destaca, como medida eficiente, diseñar una planificación del crecimiento de la población en zonas no inundables y alejadas del riesgo de avalanchas, debido a que el comportamiento de las precipitaciones presenta un carácter de compleja predicción.

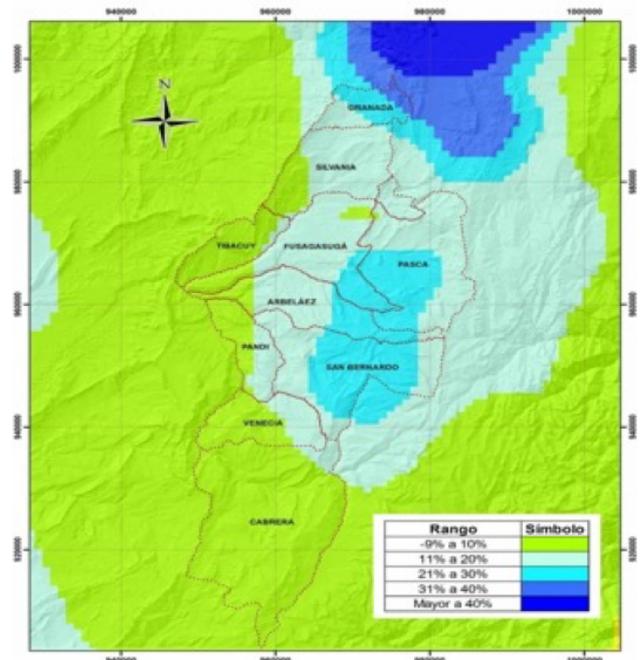


Imagen 9. Análisis del fenómeno de La Niña, ciclo 2011-2040  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2041 y 2070 para el fenómeno de La Niña:

El mapa de la Imagen 10, muestra un aumento cíclico de las lluvias de hasta un 30% en el periodo analizado para la zona Norte de la provincia. Dichas lluvias, en la actualidad, se han incrementado convirtiéndose algunas en torrenciales y originando inundaciones y algunas avalanchas en municipios como Sylvania, Fusagasugá, Pasca, Arbeláez y San Bernardo, como puede verificarse en la Tabla 3. Esto permite ver que los escenarios son válidos y los municipios deben permanecer preparados ante el riesgo climático y fortalecer su proceso de alertas tempranas y la atención de emergencias.

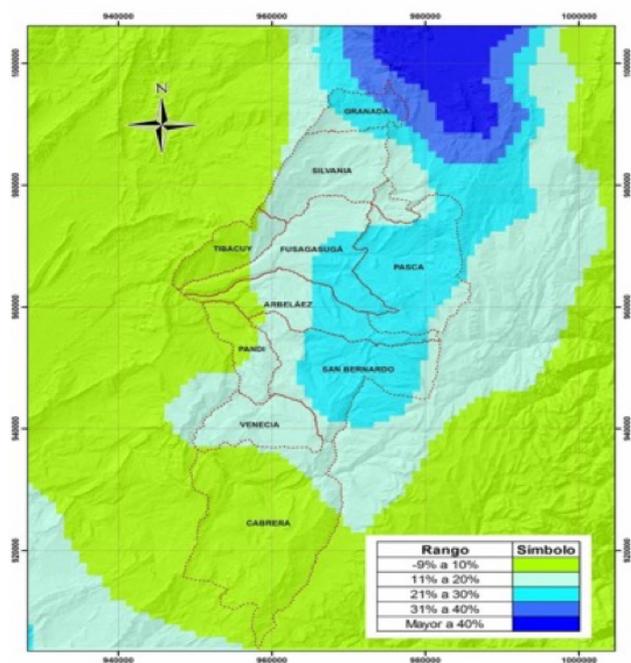


Imagen 10. Análisis del fenómeno de La Niña, ciclo 2041-2070  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

> El clima en la Región del Sumapaz para el período comprendido entre 2071 y 2100 para el fenómeno de La Niña:

Un aumento de hasta un 30% en el nivel de lluvias puede ser causante de emergencias asociadas a avalanchas y crecientes súbitas, responsable de situaciones de riesgo en la parte baja de las cuencas donde residen centros poblados. Esta situación ofrece un agravante, cuando se presentan escenarios vulnerables al riesgo y zonas de deforestación, como es el caso de esta región, la cual, dado su carácter agrícola y su crecimiento urbano producto de migraciones de la población de la ciudad, cedió parte de su territorio de protección ambiental y ecosistémico a las actividades anteriormente mencionadas. Los municipios con mayor vulnerabilidad son, en este caso, Fusagasugá, Arbeláez, Pasca y San Bernardo, tal como se destaca en la Imagen 11. Es importante incluir en los planes municipales de desarrollo, obras de infraestructura diseñadas para contener los efectos de la variabilidad climática en el territorio.

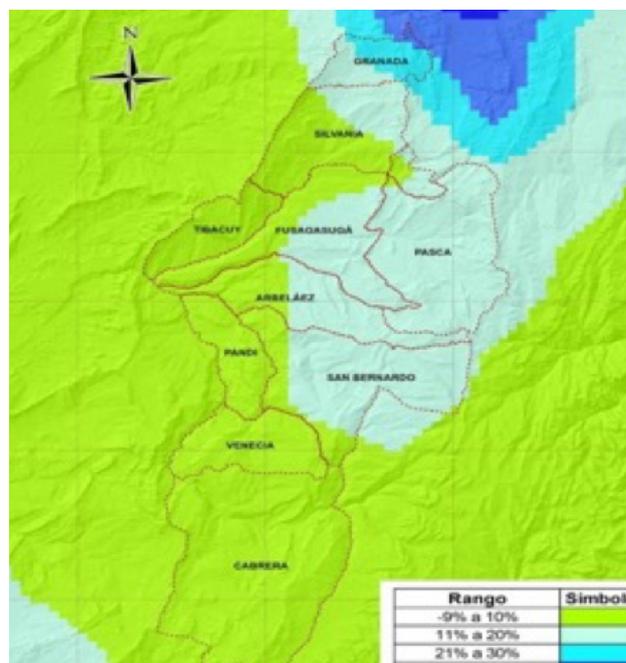


Imagen 11. Análisis del fenómeno de La Niña, ciclo 2071-2100  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

## MAPAS DE DENSIDAD DE POBLACIÓN

La región del Sumapaz, dada su cercanía a la capital de la república, su clima y ofertas de viviendas campesinas próximas a los centros urbanos, ha presentado un importante crecimiento poblacional.

En base a los datos del IDEAM, generamos el mapa de densidad poblacional para el año 2020, el cual presentamos en la Imagen 12. En el mismo, se evidencia un fuerte crecimiento poblacional en los municipios de Silvania, Granada y Fusagasugá, con entre 101 y 1.000 habitantes por kilómetro cuadrado, lo cual generará seguramente, una expansión de la mancha urbana de los citados municipios.

No obstante, los municipios cercanos como Tibacuy, Arbeláez y Pandi, también mostrarán significativos crecimientos de población, de entre 51 y 100 habitantes por kilómetro cuadrado, lo cual resulta particular, teniendo en cuenta que esos tres municipios eran mayormente de carácter rural.

Por su parte, Pasca, San Bernardo y Venecia presentarán crecimientos poblacionales moderados. En esos municipios, los planes urbanos no denotan un mayor compromiso, considerándose su impronta de municipios económicamente dependientes del agro.

Cabrera, el municipio más alejado y geográficamente extenso de la región, no presenta un crecimiento poblacional en su mancha urbana, dejando ver que el municipio se mantendrá socioeconómicamente igual, por ende, su población no mostrará un impactante incremento.

Sin embargo, este municipio requiere un manejo especial, debido a que en épocas de violencia del país conformó un escenario azotado por la guerra, lo cual no solamente generó desarraigo y desplazamiento de sus pobladores, sino también, frenó en gran medida su desarrollo. Los planes de ordenamiento y progreso deberán validar, también, el manejo postconflicto de las zonas del municipio con riesgo de desastres, puesto

que muchas de sus zonas anteriormente resultaban inaccesibles, por ende, sus procesos de planificación partirán de una evaluación de la situación actual del municipio, en todos sus aspectos.

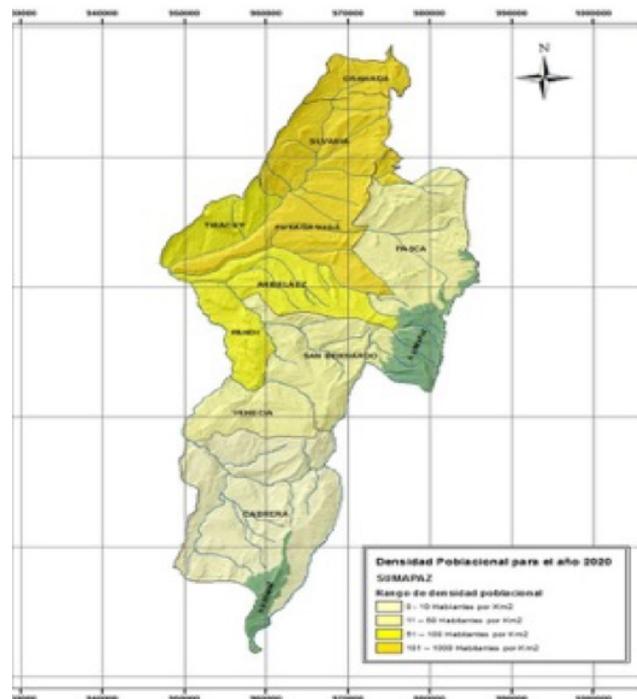


Imagen 12. Densidad poblacional para el año 2020  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

Para concluir esta investigación, y con ello ratificar la importancia de una adecuada diligencia de la gestión del riesgo de desastres por variabilidad climática (aumento de lluvias y olas de calor), en la planificación de los municipios, y en especial, donde se presentan marcados crecimientos urbanos, se decidió cruzar la información relacionada con los mencionados eventos de variabilidad climática, como el fenómeno de La Niña y El Niño, vistos anteriormente en las Imágenes 6 a 11, con la densidad poblacional estimada al año 2020, con base a los datos del IDEAM, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), y el instituto Agustín Codazzi.

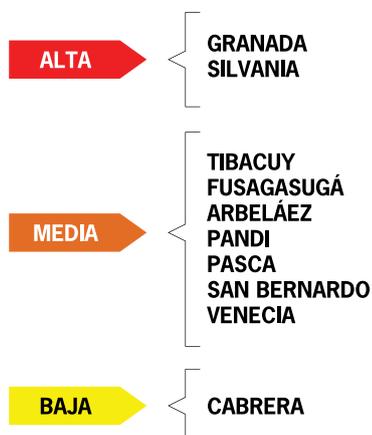
Se generaron dos mapas propios de vulnerabilidad ante riesgos por variabilidad respecto a la planificación. El primero de ellos, asociado al fenómeno de La Niña (incremento de lluvias), y el segundo, vinculado al fenómeno de El Niño (olas de calor y sequía). Se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se ofrecen en las imágenes 13 y 14.

Uno de los fundamentos radica en la densidad de la región, la cual se ampliará en un 20%, justificando el diseño de los mencionados planes:

### Vulnerabilidad del fenómeno de La Niña (Incremento de lluvias)



### Vulnerabilidad del fenómeno de El Niño (Olas de calor y sequía)



Sobre la base de estos mapas, y los datos de los mismos, se puede concluir que los municipios de la región presentan un panorama de riesgo importante, y dado su crecimiento demográfico, demanda un comprometido manejo, tanto de los temas de gestión del riesgo como de la planificación urbana y regional. Los municipios deberán establecer, con carácter prioritario, planes de acción frente a la citada problemática, brindándole la importancia merecida al tema de los riesgos por variabilidad climática, en el marco de los planes de ordenamiento territorial actualmente en proceso.

De esta manera, siendo congruentes con las problemáticas actuales y futuras, y convirtiéndose en territorios capaces de reducir la vulnerabilidad y exposición ante riesgos de desastres, se preservará la vida de los habitantes expuestos.

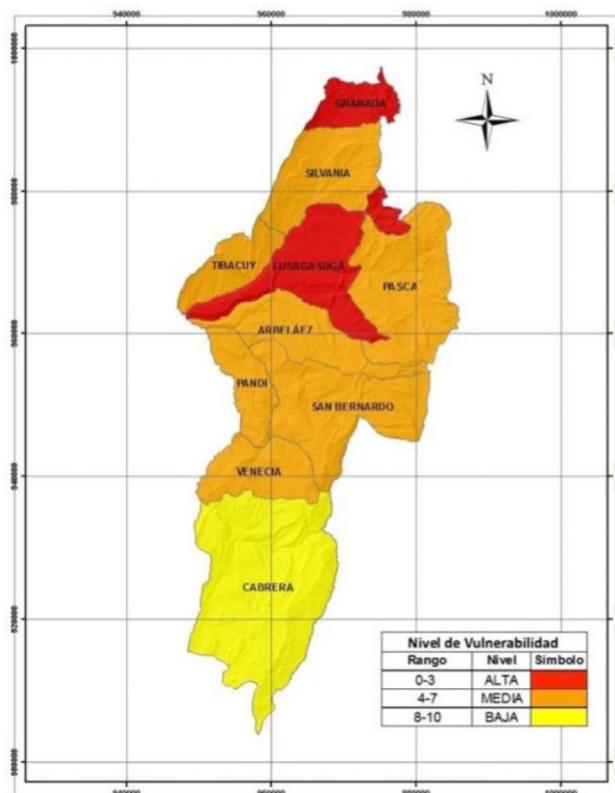


Imagen 13. Vulnerabilidad ante el fenómeno de La Niña respecto a la densidad poblacional.

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

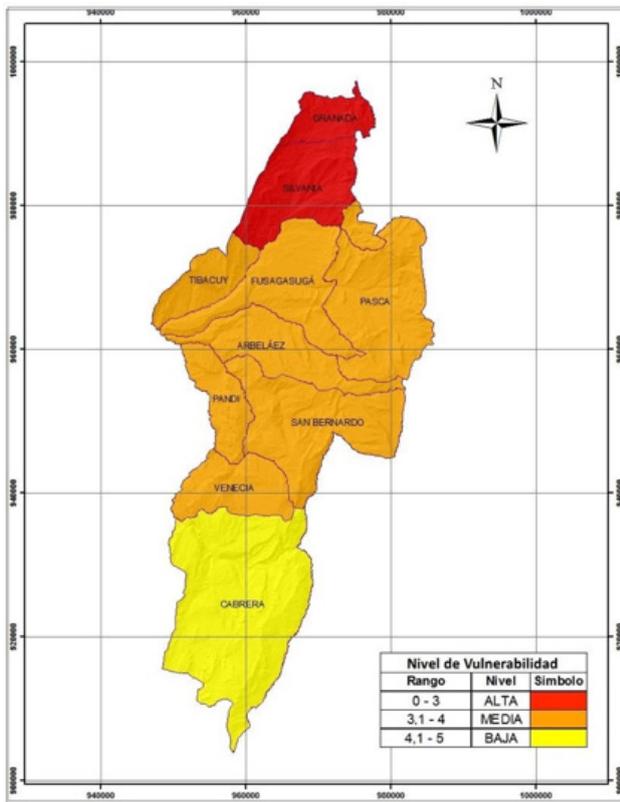


Imagen 14. Vulnerabilidad ante el fenómeno de El Niño respecto a la densidad poblacional.

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del IDEAM

Los municipios requieren elaborar o actualizar los Planes Municipales para la gestión del riesgo de desastres, para cumplir con los requerimientos de la ley 1.523 o de gestión del riesgo nacional.

Dada la problemática por variabilidad climática, la cual genera panoramas y escenarios de riesgo que ubican en vulnerabilidad a la población arraigada y creciente, los Planes de Ordenamiento Territorial precisan de una socialización con los demás planes de carácter ambiental, desarrollo, riesgo de desastres, ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, para disminuir la latitud de los municipios respecto al cambio y variabilidad climática, en especial, en lo relacionado al aumento de las lluvias o lluvias de alta intensidad, causantes de los mayores peligros para las poblaciones de las cuencas bajas, que en el caso de los municipios

con un índice de riesgo mayor, alcanzan a los centros urbanos, incluso, con un incremento de la expansión urbana.

## MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGO SOCIO-CLIMÁTICA

Para estimar un escenario más amplio respecto de la vulnerabilidad de los diferentes municipios de la región del Sumapaz, se elaboró la matriz socio-climática, tanto para el fenómeno de El Niño como de La Niña, considerándose especialmente, los siguientes aspectos:

1. El riesgo climático: El mismo fue asumido a partir de los mapas de vulnerabilidad del fenómeno de La Niña respecto a la densidad poblacional (Imagen 11); y de vulnerabilidad del fenómeno de El Niño respecto a la densidad poblacional (Imagen 12), realizados a partir del método de proyección en el programa GIS, teniendo en cuenta los datos del IDEAM.

2. Riesgos socio-económicos: Estos se refieren a la cantidad de dinero destinado al apoyo social por parte de los municipios, para la implementación de planes y acciones objeto del desarrollo, la sostenibilidad y la atención de emergencias. En Colombia, dicho presupuesto se vincula con la cantidad de habitantes, partiendo de ello, se estimó una calificación de riesgo alto para los municipios con un presupuesto mínimo, medio en aquellos municipios los cuales manejan recursos moderados, y bajo a la ciudad capital de la región y el municipio siguiente en importancia, al presentar los mismos mayores recursos monetarios por parte del Departamento y el Estado ofrecidos a la intervención social y sostenibilidad.

3. Plan de riesgos: Este ítem se dedujo de la evaluación del contenido de los planes de gestión del riesgo estipulado en Colombia, a partir de los cuales, se establece una calificación de riesgo para quienes no presentan plan, de riesgo medio para quienes lo presentan incompleto o diferente a lo estipulado para el país, y bajo para quienes cumplen con el contenido del plan.

<b>Matriz Socio-climática fenomeno de la Niña</b>				
<b>Municipio</b>	<b>Riesgo Climatico</b>	<b>Riesgo socioeconómico</b>	<b>Plan de Riesgo</b>	<b>Riesgo</b>
Arbeláez	M	B	Con Plan	M
Cabrera	B	A	Incompleto	M
Granada	A	M	Sin Plan	A
Pandi	M	A	Con Plan	M
Pasca	M	M	Sin Plan	M
San Bernardo	M	M	Con Plan	M
Silvania	M	B	Incompleto	M
Tibacuy	M	M	Sin Plan	M
Venecia	M	A	Sin Plan	A
Fusagasugá	A	B	Incompleto	M

Imagen 15. Matriz de evaluación de riesgo socio-climática del fenómeno de La Niña

<b>Matriz Socio-climática fenomeno de el Niño</b>				
<b>Municipio</b>	<b>Riesgo Climatico</b>	<b>Riesgo socioeconómico</b>	<b>Plan de riesgos</b>	<b>Riesgo</b>
Arbeláez	M	B	Con Plan	M
Cabrera	B	A	Incompleto	M
Granada	A	M	Sin Plan	A
Pandi	M	A	Con Plan	M
Pasca	M	M	Sin Plan	M
San Bernardo	M	M	Con Plan	M
Silvania	A	B	Incompleto	M
Tibacuy	M	M	Sin Plan	M
Venecia	M	A	Sin Plan	A
Fusagasugá	M	B	Incompleto	M

Imagen 16. Matriz de evaluación de riesgo socio-climática del fenómeno de El Niño

Allí se pudo identificar que los municipios de Venecia y Granada presentan un mayor escenario de vulnerabilidad ante los riesgos de desastres, no solo por los impactos del clima, sino también, por el escaso apoyo social y monetario para esos municipios, lo cual reduce la eficiencia de los procesos.

Cuando se presentan casos de este tipo, el implementar procesos previos conforma la vía más acertada para reducir los impactos de un episodio de desastre natural. Lo citado se aprecia en la Imagen 17.

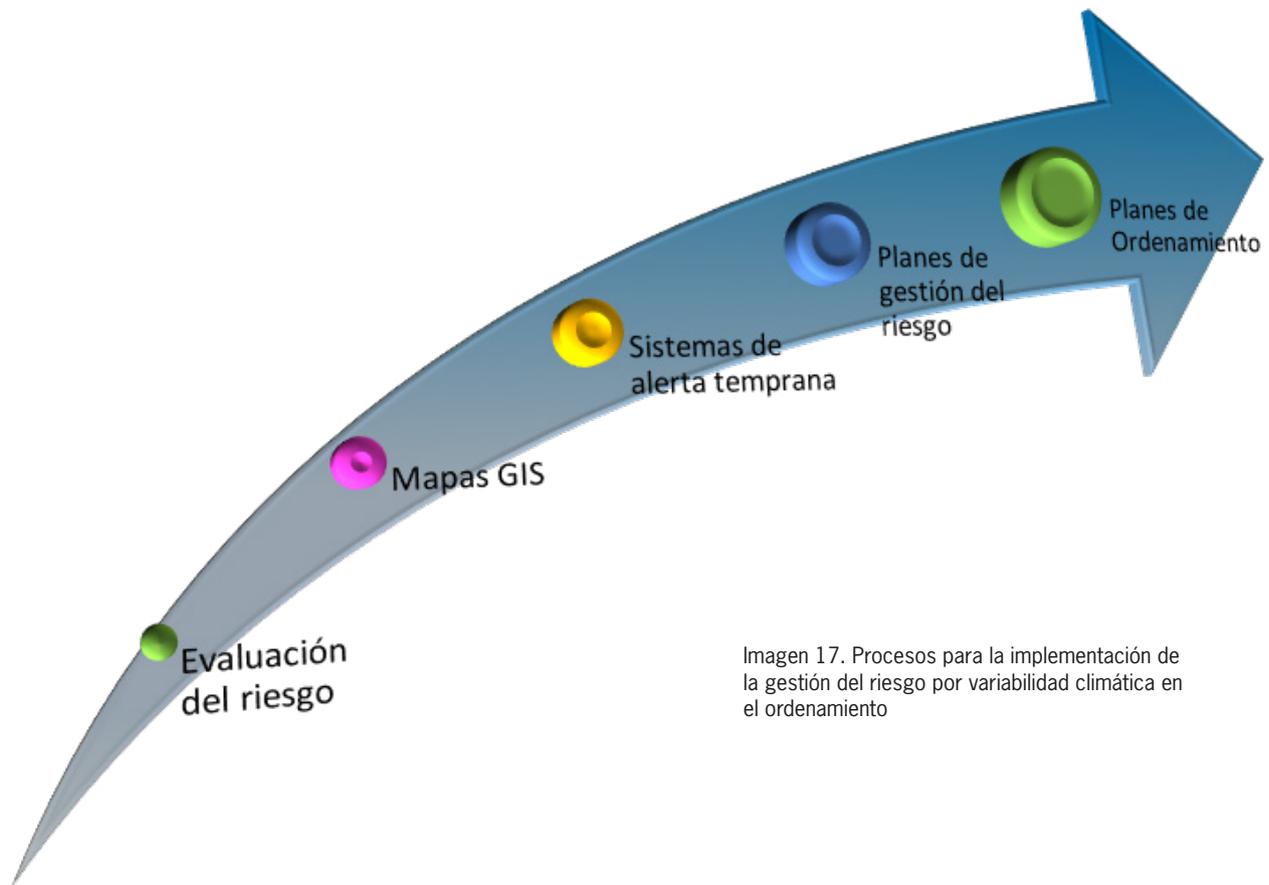


Imagen 17. Procesos para la implementación de la gestión del riesgo por variabilidad climática en el ordenamiento

En relación a lo expuesto con esta investigación, se sugiere que los municipios se preparen ante los escenarios descriptos, observando el siguiente orden:

> Evaluando el riesgo y teniendo conocimiento del territorio.

> Elaborar mapas GIS donde se localicen las zonas de mayor riesgo o vulnerables, partiendo de los datos obtenidos en el lugar y sostenidos por los de las entidades encargadas del clima y los recursos hídricos, realizando con ellos, proyecciones para los años venideros.

> Implementar Sistemas de Alerta Temprana (SAT), tecnológicos y eficientes, para que las comunidades puedan ofrecer una actuación anticipada frente a los episodios naturales.

> Diseñar el plan municipal de gestión del riesgo, siguiendo las condiciones estipuladas en las guías de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, estimando la importancia de anexar allí los Ítems de adaptación a la variabilidad climática.

> Incluir estos planes de riesgo y adaptación climática en el marco de los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo, a fin de convertir este proceso en una meta administrativa de obligatorio cumplimiento en las agendas públicas del municipio y la región, al fortalecerlo para acceder a presupuestos obligatorios para ejecutar proyectos y obras que encaminen el territorio a la sostenibilidad y el desarrollo regional.

## CONCLUSIONES

De la evaluación de los planes municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres para la zona en estudio (Sumapaz, Cundinamarca), se pudo deducir que una gran cantidad de los municipios, lastimosamente, no cumplen explícitamente con lo dictado por la ley 1.523 de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, por lo tanto, las medidas de mitigación de la vulnerabilidad no son claramente expresadas en su documentación.

Sin embargo, es evidente la preocupación de dichos municipios por los fenómenos de variabilidad climática Niño-Niña, y los impactos que los mismos han traído a las poblaciones, para lo cual, casi todos y aunque no cuentan en su totalidad con planes de contingencia establecidos, o una claridad de las acciones a seguir en sus instrumentos de planificación, tratan de observar las recomendaciones.

Los casos analizados en el documento, y los antecedentes de los países latinoamericanos, dejan en claro que el clima, expresamente, la variabilidad climática y la gestión del riesgo de desastres ocasionados por la misma, conforman una de las bases a disponer en los instrumentos de planificación de las ciudades y regiones, como lo son, los Planes de Desarrollo y los Planes de Ordenamiento Territorial, capaces de prevenir situaciones de emergencia en los años venideros.

Se recomienda que las políticas de planificación sectorial consideren el desarrollo e implementación de medidas estructurales, para generar una infraestructura la cual prevenga y contenga los efectos de dicha variabilidad climática.

Para ello, se desarrollarán herramientas, a partir de sistemas de gestión devenidos en políticas de Estado a largo, mediano y corto plazo, reduciendo la vulnerabilidad de las poblaciones más expuestas.

La Tesis demostró que los procesos de gestión del riesgo de desastres por variabilidad climática en la planificación urbana y regional, así como los procesos y ac-

ciones, deben actualizarse contantemente y por medio de proyecciones, buscando reducir la vulnerabilidad de los factores del clima.

Eventos como el fenómeno ENOS (Niña-Niño), traen consigo situaciones inesperadas, las cuales pueden ser previstas parcialmente en su impacto, y reducir su efecto mediante adecuados planes y un Sistema de Alertas Tempranas.

Así pues, se llevó a cabo un análisis evaluativo actual a los procedimientos planteados en los planes de gestión del riesgo de desastres municipales y regionales, teniendo en cuenta las guías suministradas para la elaboración de planes municipales para la gestión del riesgo de desastres a nivel nacional.

Dicha evaluación fue aplicada en todos los municipios del Sumapaz, ratificando por medio de esa evaluación y planteando puntos importantes básicos en la planificación, respecto a los sucesos de riesgo de desastre y amenazas ambientales a partir de la variabilidad climática del territorio.

De igual manera, en el presente texto, se generó una evaluación de los procedimientos con que cuentan los municipios para su planificación, donde se evidenció la escasa introducción de las temáticas por variabilidad climática en sus procesos, a través de un acotado análisis crítico de la documentación de las organizaciones gubernamentales.

En el proceso y desarrollo metodológico, se determinó un instrumento de procedimiento y evaluación para la implementación de la gestión del riesgo de desastres en la planificación urbana y regional, contemplando el riesgo por variabilidad climática como el responsable de provocar la mayor afectación en los municipios de la provincia del Sumapaz, y la evaluación por medio de una herramienta Excel, considerando la guía estipulada en Colombia para los planes de gestión del riesgo, e incluyendo una matriz de aplicación de los procesos de gestión del riesgo por variabilidad climática en la planificación urbana.

Así mismo, se desarrolló una matriz de evaluación basada en las guías de gestión del riesgo de desastres, de la evaluación de los planes municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres para la zona en estudio (Sumapaz, Cundinamarca).

Se proporcionó una herramienta que permite la evaluación urbana, contemplando los riesgos de desastres compatibles entre las distintas escalas (municipal, regional y departamental), por medio de una matriz donde fueron incluidas las vinculantes entre el riesgo de desastres y la planificación urbana.

Luego de este proceso, se dedujo que una gran cantidad de los municipios, tristemente, no cumplen explícitamente con lo dictado por la ley 1.523 de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, por ende, las medidas de mitigación de la vulnerabilidad no son claramente expresadas en su documentación.

Sin embargo, resulta evidente la preocupación de dichos municipios por los fenómenos de variabilidad climática Niño-Niña, y los impactos que los mismos ocasionaron en las poblaciones. Atento a ello, y aunque los citados municipios no cuenten en su totalidad con planes de contingencia establecidos, o una determinante claridad en las acciones a seguir en sus instrumentos de planificación, observan ciertas recomendaciones.

A partir de lo descripto, se generó una específica recomendación para estos municipios, resumida en la aplicación de los siguientes procesos:

- > Evaluación de zonas de riesgo y vulnerabilidad.
- > Mapas GIS con proyección de escenarios, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional.
- > Sistemas de Alerta Temprana útiles como herramienta de intercomunicación, tanto en los municipios, como en general, en la región.

Paralelamente, se evaluó por medio de los datos de atención de emergencias la incidencia de la variabilidad

climática, junto a ello, se comprobó la vulnerabilidad de los municipios por medio de los mapas de riesgo realizados en ARCGIS, con base en datos de las entidades encargadas de los análisis de climatología e hidrología.

Con base en la información obtenida, se llevó a cabo la evaluación de herramientas tecnológicas para los diagnósticos de vulnerabilidad, y se propuso como solución la implementación de tecnologías de Alertas Tempranas.

Para concluir la investigación, se determinó, por medio de los mapas y junto con la evaluación de los planes, que la problemática urbana radica, principalmente, en la expansión no planificada del territorio, incluso en aquellas zonas expuestas, partiendo de la contemplación de los riesgos de desastres compatibles entre las distintas escalas; municipal y regional, junto a su incidencia de carácter departamental.



# OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA LA INTEGRACIÓN DEL ABASTECIMIENTO URBANO Y ACTIVIDADES DE HIDROFRACTURACIÓN

Caso de análisis: Localidad de Añelo y zona aledaña a la  
formación de Vaca Muerta, Neuquén, Argentina.

Autor: Ing. Enzo Andrés Vergini  
Director de Tesis: Msc. Ing. José María Regueira

# 03. TESIS

En la presente Tesis, se aborda la integración del abastecimiento urbano de agua, con una actividad industrial, en localidades con un gran crecimiento poblacional, debido al desarrollo de una actividad económica. En este caso, el desarrollo de explotaciones de petróleo no convencional, la cual requiere grandes volúmenes de agua para la concreción de la misma, y elevados recursos logísticos para trasladar y disponer del recurso hídrico en el pozo petrolífero.

Se propone optimizar el uso y gestión de los recursos hídricos en la integración del abastecimiento urbano y las actividades de hidrofracturación, mediante el diseño y desarrollo de alternativas tecnológicas, de procedimientos y de mejoramiento, capaces de favorecer el desarrollo sostenible y generar una mejora de la calidad de vida en la ciudad y la región.

Se abordará, como caso particular de análisis, la localidad de Añelo en la provincia de Neuquén y la zona aledaña a la formación de Vaca Muerta, teniendo en cuenta un conjunto de limitaciones planteadas, propias de un trabajo de investigación.

Se realiza una recopilación y análisis de los principales antecedentes, con el objetivo de caracterizar el sistema de abastecimiento urbano y el de las actividades de hidrofracturación. La propuesta se enfoca en efectuar una integración de los componentes del sistema, mediante la implementación de un conjunto de acueductos que abastezcan del recurso a ambos usos, de los cuales, ya existen antecedentes en la región a nivel de idea de proyectos. Asimismo, para la propuesta efectuada, se analizan los beneficios y desventajas de su implementación.

En función del análisis de planificación efectuado, se propone la creación de una compañía de abastecimiento integrado, la cual podría regir bajo el modelo de Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria, con 51% del Estado, el cual comprende el provincial y municipal, junto con un 49% de capitales privados, conformados en un principio, por las propias compañías petroleras que se abastecerán del recurso hídrico.

Se propone un esquema de financiamiento y sostenimiento del sistema de abastecimiento, mediante el análisis de diversas fuentes de financiamiento, planteándose un circuito de inversión preliminar, identificando los principales actores de un posible financiamiento.

Finalmente, se señalan conclusiones sobre el tema y caso de estudio, haciendo hincapié en el positivo contraste de las hipótesis de investigación planteadas, donde se presentan recomendaciones destinadas a futuras aplicaciones.

## INTRODUCCIÓN

### Descripción del tema abordado

El agua es un recurso fundamental para la vida y aquellas actividades productivas demandantes de dicho recurso para sus procesos. El tema a desarrollar se centrará en el estudio del abastecimiento y distribución de agua, con miras a optimizar el aprovechamiento, tanto de los recursos hídricos como económicos, en la integración de una actividad productiva y el abastecimiento urbano.

Con el fin de aplicar la integridad de perspectivas que la planificación requiere, durante el transcurso de la Tesis se abordaron conceptos de los diversos seminarios impartidos, como así también, los conocimientos profesionales de formación de base en ingeniería en recursos hídricos, propios del tesista.

Los seminarios considerados más relevantes para el desarrollo del presente trabajo, son los siguientes:

- > Planificación y gestión integral de la infraestructura urbana.
- > Abastecimiento de agua y saneamiento urbano.
- > Redes de infraestructura urbana y coordinación de interferencias.

> Planificación y gestión de cuencas y de la hidráulica urbana.

> Planificación y gestión integral de la infraestructura urbana.

> Economía, finanzas y evaluación de proyectos (parcialmente).

> Planificación del transporte, del tránsito y del diseño vial (parcialmente).

> Crecimiento y desarrollos de ciudades (parcialmente).

El graduado de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana tendrá un perfil profesional, donde se destacan atribuciones que, en su mayoría, serán empleadas en la tesis a realizar. Entre ellas, se enfatizan las siguientes: Diseñar y desarrollar alternativas tecnológicas, de procedimientos y de mejoramiento que favorezcan el desarrollo sostenible y generen una mejora de la calidad de vida en la ciudad, optimizando la utilización de los recursos; implementación de soluciones técnicas, ambiental y socialmente apropiadas; propuesta de programas de desarrollo urbano que integran la infraestructura de las ciudades.

Considerando las mencionadas atribuciones, en el tema a desarrollar, se enfatizará la concreción de las citadas premisas.

En el presente trabajo, se abordará el tema referido a la integración del abastecimiento urbano de agua con una actividad industrial, para luego, desarrollar el análisis de un caso particular.

Las localidades con un gran crecimiento poblacional, debido a la práctica de actividades económicas demandantes de importantes cantidades de agua para el normal desarrollo de dichas actividades, deben ofrecer un tratamiento especial, desde el punto de vista de la planificación, de los recursos hídricos en el ámbito urbano.

En el contexto del tema a tratar, en ciudades donde existen proyecciones de población con un gran crecimiento demográfico, y conviven con actividades demandantes de importantes volúmenes de agua, se estima como uno de los principales conflictos en materia hídrica, la interrupción y disminución de la calidad del servicio de abastecimiento de agua. Dadas las mencionadas características, podrían surgir deficiencias en el abastecimiento urbano, mientras que actividades económicas demandantes del recurso hídrico para el desarrollo de sus actividades, continúan con las mismas.

En el tema analizado, donde la actividad industrial estudiada para la integración con el abastecimiento urbano es la hidrofracturación, se estima, las compañías del rubro continuarían con el suministro directo de los recursos hídricos, mientras las localidades poseen dificultades para su desarrollo, desde el punto de vista del abastecimiento.

La desigualdad en la calidad del abastecimiento de agua podría llevar a la generación de conflictos y profundización de la problemática en materia hídrica, por lo tanto, una adecuada planificación en materia de agua resultaría clave para minimizarlos, mediante la optimización del uso y gestión de los recursos hídricos, como así también, la maximización de los beneficios económicos. A partir de lo descripto puede mencionarse que, en cuanto a la necesidad de agua, una actividad específica, en este caso la hidrofracturación y el abastecimiento urbano, es menester de abordarse desde una perspectiva global.

Respecto al tema de análisis, se propone estudiar la cuestión del abastecimiento de agua haciendo hincapié en la integración de la fuente de abastecimiento con las actividades de hidrofracturación, en la interdependencia de los distintos factores concurrentes y la dinámica de cambio de los sectores. En ese sentido, es menester abordar el uso de los recursos hídricos desde un enfoque global.

Como caso de análisis del tema a desarrollar, abordaremos el caso de la localidad de Añelo, y su zona ale-

daña a la formación geológica de Vaca Muerta, en la provincia de Neuquén, República Argentina.

En la Imagen 1 se observa la ubicación de la localidad en estudio, en el entorno de la mencionada formación.

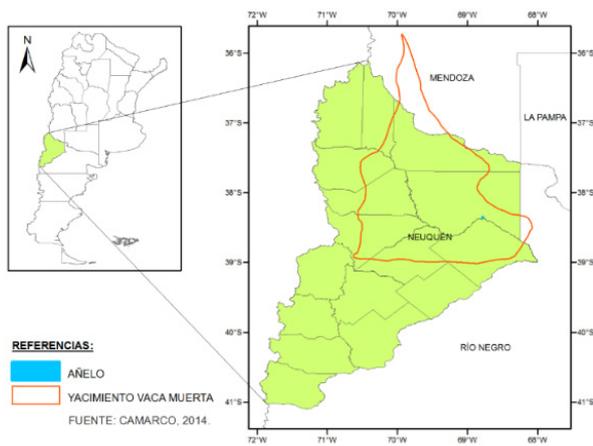


Imagen 1. Ubicación del departamento y localidad de Añelo, provincia de Neuquén  
Elaboración propia con fuente en CAMARCO, 2014, IGN, 2015

Son cuatro los componentes los cuales formarán parte del caso a analizar, con miras a optimizar el uso de los recursos hídricos en la integración de las actividades de hidrofracturación con el abastecimiento urbano en el caso de aplicación. Ellos son los siguientes y se esquematizan en la Imagen 2:

- > El río Neuquén, actual fuente superficial para las actividades de hidrofracturación;
- > La localidad de Añelo, la cual actualmente se abas-

tece de perforaciones subterráneas del subálveo del Río Neuquén;

> La explotación de petróleo no convencional, denominada Loma Campana;

> El embalse Los Barreales, potencial fuente de abastecimiento de agua.



Imagen 2. Localización de los componentes de análisis

## LIMITACIONES DE LA TESIS DESARROLLADA

La Tesis desarrollada, posee un carácter netamente académico, por lo tanto, el nivel de detalle de participación ciudadana y de autoridades con toma de decisión en materia de planificación, se verá reflejado en las entrevistas y testimonios obtenidas a lo largo del transcurso de la misma.

Estas fueron desarrolladas entre los años 2015 y 2017, por ende, el contexto y la temporalidad del desarrollo es absolutamente importante para comprender los antecedentes y las propuestas.

En el proceso de planificación, resulta clave la participación de todos los actores involucrados, cuestión superadora, en este caso, del desarrollo de una tesis de Maestría, la cual presenta un tiempo acotado y recursos limitados para cumplir con los objetivos.

En el tema de análisis, se acotará el estudio a los aspectos de abastecimiento de recursos hídricos, por lo tanto, para considerar mayores precisiones sobre diversos temas de planificación, es necesario contar con un equipo multidisciplinario de profesionales, excediendo ello los objetivos de la presente Tesis.

La planificación conforma un proceso dinámico, por ello, con el transcurso del tiempo, lo concebido puede ser superado ante las modificaciones acontecidas en un territorio.

El tema y el caso a analizar, no son excepción a lo mencionado, por lo que los objetivos e hipótesis de la presente Tesis permanecen basados en un momento determinado, es decir, en el inicio de la investigación.

Asimismo, vale destacar que el análisis efectuado posee, mayoritariamente, un carácter cualitativo respecto de los principales factores intervinientes, plasmado para un futuro desarrollo de una región con potencial de crecimiento, en este caso, debido a una actividad industrial.

Es necesario mencionar que la coyuntura en el inicio de la investigación es crucial, tanto para el desarrollo de la Tesis como para concretar sus objetivos y comprobar las hipótesis planteadas.

Asimismo, corresponde expresar que, en el caso particular de estudio, la localidad de Añelo y su zona aledaña a la formación de Vaca Muerta, los resultados se verán en el correr del tiempo, dada la existencia de cuantiosas variables influyentes en el proceso de planificación. En sí, el ejercicio de planificación efectuado en el presente trabajo, puede considerarse un desafío a largo plazo.

Por último, esta Tesis no abordará el tema relacionado con los impactos ambientales de la actividad hidrocarbúrica y de la hidrofracturación, aun siendo este tema de absoluta relevancia, al exceder los límites de los objetivos de la mencionada Tesis.

## OBJETIVOS DEL TRABAJO DE TESIS

### Objetivo general

Optimizar el uso y gestión de los recursos hídricos en la integración del abastecimiento urbano y actividades de hidrofracturación, mediante el diseño y desarrollo de alternativas tecnológicas, de procedimientos y de mejoramiento, que favorezcan el desarrollo sostenible y generen una mejora de la calidad de vida en la ciudad y región.

Se abordará como caso particular de análisis la localidad de Añelo en la provincia de Neuquén y la zona aledaña a la formación de Vaca Muerta, teniendo en cuenta las limitaciones planteadas previamente.

### Objetivos particulares

1. Proponer medidas que aborden la problemática en materia de agua, con una visión regional, ante la integración del abastecimiento urbano y una actividad industrial, en lo referido a la hidrofracturación.
2. Formular y evaluar alternativas integradas para el abastecimiento urbano y la actividad industrial, en este caso, la hidrofracturación. Este objetivo se llevará a cabo mediante el desarrollo de soluciones técnicas, ambiental y socialmente apropiadas, con miras a resolver los conflictos existentes y futuros en materia de abastecimiento de agua, para el caso particular de análisis.
3. Proponer y desarrollar parcialmente un esquema de financiamiento de las alternativas tecnológicas planteadas, con miras a favorecer la sostenibilidad de los recursos hídricos y económicos.

### Hipótesis de Investigación

En virtud al análisis planteado, se fundamenta estudiar la provisión de agua, tanto para una actividad especí-

fica, como es la actividad de hidrofracturación, como para el uso y consumo de la población. En este trabajo, se abordarán las siguientes hipótesis:

1. Si se planean alternativas para el abastecimiento de agua, tanto para una localidad, como para las actividades económicas demandantes de los recursos hídricos, entonces, será más eficiente y sostenible el uso del agua en una región.
2. Si se mejoran las diferentes acciones propuestas en planes existentes en ciudades con desarrollo de actividades de hidrofracturación, en lo referidas a infraestructura de agua, entonces, se podría optimizar la integración de los usos.
3. Si se efectúa una comprensión del funcionamiento integral, con una clara noción de la interdependencia de los distintivos factores, entonces, el análisis propuesto se podría aplicar a otros sitios con características similares.

## MATERIALES: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES ANTECEDENTES, BIBLIOGRAFÍA Y OBRAS DE REFERENCIAS

### Actividades de hidrofracturación y Vaca Muerta

Como introducción al tema a desarrollar, cabe mencionar que la técnica de hidrofracturación surgió en la década de 1940, y se basa en la inyección de agua con alta presión en una perforación, con el objetivo de mejorar la permeabilidad de la formación geológica, generando microfisuras en la roca donde se encuentra contenido el hidrocarburo.

Una vez abiertas las microfisuras, serán apuntaladas para no volver a cerrarse, utilizando granos de arena en la mezcla con el agua de inyección. En la Imagen 3, se observa un esquema del fracking (hidrofracturación) elaborado por el Instituto Argentino del Petróleo y Gas (IAPG).

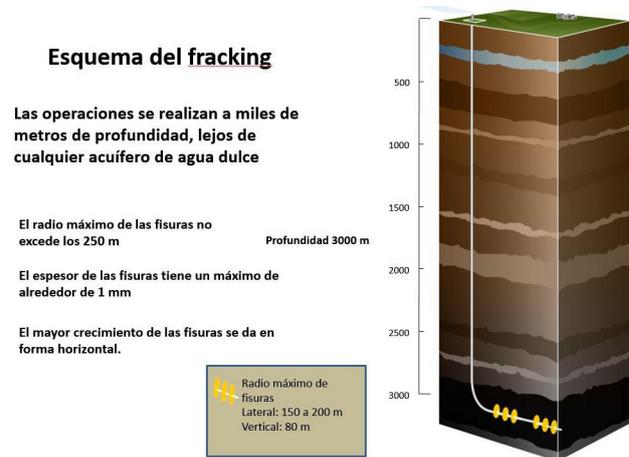


Imagen 3. Esquema del fracking (López Anadón, 2014)

El IAGP (López Anadón, 2014) plantea que para realizar la estimulación hidráulica en un pozo de petróleo, la cantidad de agua necesaria dependerá del tipo de perforación y de la formación. A modo de ejemplo, un típico pozo vertical requiere hasta 6.500 m<sup>3</sup>, cifra que asciende hasta 12.000 m<sup>3</sup> en el caso de los horizontales.

Esta cantidad se dispone, en general, por única vez en la historia de cada pozo. El mismo autor manifiesta la existencia de antecedentes donde muestra que los Estados Unidos perfora, anualmente, a razón de 25 mil pozos en formaciones no convencionales, y lleva perforados más de 100 mil pozos, por lo tanto, la técnica se encuentra comprobada mundialmente.

La fracturación hidráulica conforma una técnica introducida, por primera vez en la práctica comercial, en el año 1947, para llevar a cabo estimulaciones sobre los reservorios convencionales, utilizando agua a alta presión, arena y un conjunto de productos químicos.

Es importante destacar que la fracturación hidráulica no comenzó con el auge del petróleo no convencional en los Estados Unidos, sino que proviene de la evolución de más de 50 años y diversas implementaciones (Agosta, 2015).

La Cámara Argentina de la Construcción, a través de su Informe del Área de Pensamiento Estratégico (CAMARCO, 2014), menciona que la Argentina ocupa el segundo lugar en el mundo en materia de recursos de shale gas, y cuarto en shale oil, con un potencial capaz de convertirla en el futuro, en una de las principales exportadoras mundiales de hidrocarburos.

Esta misma fuente sostiene que el área de Vaca Muerta, la cual ocupa casi la mitad de la superficie de la provincia de Neuquén, surgió, como primer escalón en el desarrollo de explotaciones no convencionales de gas y petróleo en Argentina.

En la Imagen 4 se observa la ubicación de la formación de Vaca Muerta en el contexto nacional.

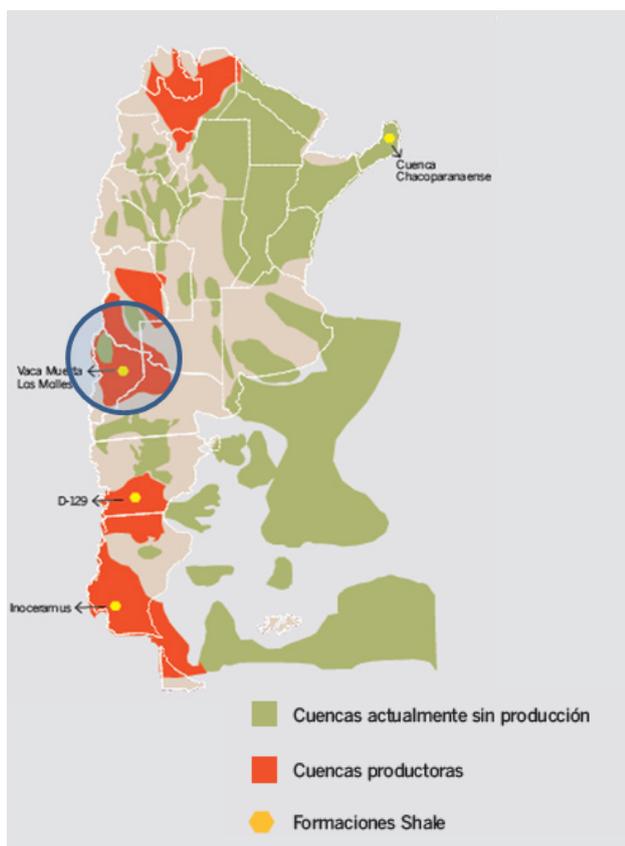


Imagen 4. Ubicación de la formación de Vaca Muerta en la Argentina (IAPG, 2014, López Anadón, 2014)

De acuerdo al informe de la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO, 2014), el desarrollo de Vaca Muerta generará formidables beneficios sociales y económicos para la región y el país; en 20 años, se prevé una inversión de 144 mil millones de dólares, de los cuales, la mayor parte, se concentrará en la explotación del yacimiento.

Asimismo, del total de la inversión prevista, el 34%, es decir, 49 mil millones de dólares, deberán ser invertidos por el sector público y el privado, para ejecutar viviendas, infraestructura social y productiva.

Vale destacar la importancia de los montos de inversión, dado que esos valores resultarán muy significativos para la región, representando el 72,6% del Valor Bruto de Producción de la provincia.

Por otro lado, la Cámara Argentina de la Construcción afirma que la actividad petrolera, por sus características intrínsecas, generaría poca demanda en otros sectores y crearía un escaso empleo, estimado en 20.000 puestos, aunque de alta calificación e ingreso individual.

Según el Instituto Argentino del Petróleo y Gas (IAPG, 2015), el desarrollo de la actividad en la provincia, y sus impactos, generan cierta implicancia a nivel nacional, destacándose los siguientes efectos:

- > El nivel de producción de gas natural permitiría detener la importación de gas natural licuado, y obtener un excedente para nuevos proyectos o exportación.

- > La producción de petróleo cubriría el abastecimiento pleno de las refinerías, sustituyendo importaciones de combustibles por, aproximadamente, 6.000 MMUSD.

- > El ahorro estimado de divisas derivados de esos efectos sería de, aproximadamente, entre los 15.000 y 19.000 MMUSD, implicando un impacto en el PBI nacional del 3 al 4%.

A diferencia de lo planteado por la Cámara Argentina de

la Construcción (CAMARCO, 2014), el Instituto Argentino de Petróleo y Gas, en el contexto de la provincia de Neuquén, plantea que el desarrollo en escala de Vaca Muerta permitiría recuperar fuertemente la economía provincial (IAPG, 2015), destacando los siguientes aspectos:

> Se Incrementaría el PBI de la provincia entre un 75% a 100%.

> Se crearían entre 40.000 y 60.000 nuevos puestos de trabajo, representando aproximadamente, el 10% del total de los habitantes de la provincia.

> Se experimentaría un aumento de la recaudación fiscal de entre un 55% y 80%.

Por último, cabe mencionar el debate acerca de si el auge de los Estados Unidos puede ser imitado en otros países; por lo tanto (Maugeri, 2013), llega a la conclusión que la expansión del fenómeno del petróleo no convencional en otras partes del mundo, será improbable, por lo menos, en esta década.

Dada esta importante afirmación, se debe planificar, como en este caso, el uso de los recursos hídricos, tanto en los centros urbanos, como para la actividad de la hidrofracturación, con el objetivo de anticipar posibles efectos negativos.

### Agua para la hidrofracturación y su logística

El autor Maugeri (2013), presenta los pilares mediante los cuales la industria del petróleo no convencional se desarrolló en los Estados Unidos; sin ellos, sería complejo llevar adelante esa actividad económica. Estos son:

1. Disponibilidad de un gran número de equipos de perforación, equipos especializados, herramientas y capacidades, para lograr la intensidad de perforación requerida.

2. Los derechos mineros privados que facilitan la exploración y el rápido desarrollo.

3. La existencia de un gran número de empresas independientes dispuestas a asumir riesgos.

4. Fuertes firmas de las instituciones financieras nacionales, capital de riesgo y capital privado.

5. Existencia de infraestructura: Oleoductos, almacenamiento, refinерías, etc.

6. La ubicación de las formaciones de esquisto en zonas poco pobladas.

7. Existencia de suministro de agua adecuada.

Con respecto al último punto, es decir, la existencia de suministro de agua adecuada, para el caso de análisis, existe en la provincia de Neuquén una extensa red de ríos, particularmente, el Neuquén, Limay y Colorado, controlados mediante represas capaces de proporcionar suficiente agua para el desarrollo de esquisto.

De hecho, en Vaca Muerta, sólo un 0,1% del caudal del río se emplea en operaciones de hidrofracturación, frente al 5% utilizado para el riego y consumo humano.

A pesar que el promedio por persona de agua disponible es suficiente para provincias como Neuquén y Mendoza, dentro de la cuenca, todavía se observa un estrés hídrico regional (Accenture, 2012), y por lo tanto, los recursos hídricos deben ser gestionado por los operadores y regulado por los gobiernos provinciales (Halperín & IAPG, 2014; Agosta, 2015).

La discusión sobre la regulación ambiental permanece aún pendiente, debiendo ser abordada en el corto plazo, pero tal como se mencionó en las limitaciones del trabajo, la misma no será aquí considerada.

Como menciona (Agosta, 2015), en este contexto, la regulación de los recursos hídricos prevalece como un

punto esencial, destacando que en términos físicos, existe suficiente disponibilidad de agua, tanto para la actividad industrial como para el desarrollo de los centros urbanos.

En comparación con las explotaciones convencionales, para el desarrollo no convencional, el transporte y las necesidades logísticas en el pozo, se incrementan de manera significativa.

Es así que la logística para el suministro de agua ha representado, en los Estados Unidos, uno de los puntos críticos en el desarrollo de los recursos no convencionales. Con un consumo cercano a los 19.000 m<sup>3</sup> por pozo, para las etapas de fracturación hidráulica y la finalización, la logística de agua puede representar entre el 60 y 80% de los costos totales de la logística.

En particular, un estudio realizado por (Acenture, 2012) afirma que la flexibilidad constituye la característica clave requerida en el modelo de gestión de transporte de agua.

Los acueductos resultan eficaces ante una extensa distancia o movimientos de punto a punto, siendo la distribución final a la plataforma de perforación, en el caso de los Estados Unidos, casi exclusivamente, a través de los transportes por carretera (Accenture, 2012).

Como se describió anteriormente, la demanda de agua muestra altos picos durante algunas etapas de la construcción de los pozos, conjuntamente con la demanda de transporte asociada, exigiendo hasta 300 movimientos de camiones por día, causando congestión vehicular, afectando las operaciones de equipos y el movimiento de los residentes locales, y presentando algunos desafíos únicos para el operador (Agosta, 2015).

En los Estados Unidos, se espera que el sector de la logística y la cadena de suministro en relación con los hidrocarburos no convencionales, crezca de 145 a 206 billones de dólares hacia el año 2025, creando unos 233.000 nuevos puestos de trabajo. Ello demuestra

el importante impacto sobre el transporte y la logística del sistema (Agosta, 2015).

Por otro lado, algunos expertos afirman: “cada etapa de fractura hidráulica requiere alrededor de 300.000 galones de agua (1.134 m<sup>3</sup>). De ese volumen, entre el 20 y 40% de los fluidos y los sólidos utilizados en la fracturación hidráulica, emergen nuevamente a la superficie como residuos peligrosos, y requieren su transporte a otros sitios de pozos o de las áreas de tratamiento y eliminación” (OGJ, 2012) (Agosta, 2015).

Tal como menciona (Agosta, 2015), en su tesis de máster, según los volúmenes de transporte y distancias, existen dos niveles de impacto: El local, cercano a los pozos, y el regional, en el uso de la infraestructura pública para cubrir distancias largas o medianas de transporte.

Por ejemplo, la logística de agua presenta un importante impacto local al implicar grandes volúmenes en distancias cortas, mientras que, por ejemplo, la arena muestra distancias más largas y moderadas cantidades, produciendo un impacto regional.

En los Estados Unidos, por lo general, los mismos contratistas son los encargados del suministro de agua, debido a las estrictas regulaciones ambientales y la alta responsabilidad asociada.

En cuanto al agua producida (flowback), la tendencia de la industria en los últimos años es la reutilización, colaborando con dos problemas: La reducción de la exigencia de la nueva agua, y evitar tratar y disponer de esa agua utilizada, la cual, presenta una alta salinidad y peligrosos componentes para el ambiente (Agosta, 2015).

El reto logístico implica la sincronización del almacenamiento y transporte de agua a reutilizar, para así proporcionar el recurso en el momento adecuado (Accenture, 2012).

El agua no reutilizada, cuenta con diferentes opciones

de tratamiento o eliminación, de acuerdo con las normas específicas de cada región.

La gestión de la logística de agua es uno de los puntos clave para lograr operaciones eficientes de hidrofracturación. Muchos operadores de los Estados Unidos, han puesto especial énfasis en el desarrollo de modelos logísticos específicos, capaces de definir directrices para la gestión del transporte de agua (Agosta, 2015).

Además de agua y arena, se requieren otros materiales y equipos para ser transportados a la boca de pozo, aunque en cantidades más pequeñas.

En la Tabla 1, se proporciona una lista elaborada por Tolliver (2014), donde se identifican como materiales principales: Grava, lodo de perforación, cemento y tuberías, expresándose la cantidad de viajes de camión necesario para cumplir con el volumen o cantidades de cada insumo.

Los valores de dicha Tabla son aproximados, dado que su medición precisa depende de las características de la formación geológica y los procedimientos operacionales aplicados. Sin embargo, proporciona un orden de magnitud respecto de la relación de importancia de cada uno de los insumos en términos de logística (Agosta, 2015, con datos de Tolliver, 2014).

Insumo	Número de viajes cargados de camiones	Tipo
Agua Cruda	450	Material
Agua utilizada, a ser tratada	225	Equipamiento
Tanques para hidrofractura	115	Material
Arena	100	Material
Gravas	80	Material
Equipos de perforación	65	Equipamiento
Lodos de perforación	50	Material
Cemento	20	Material
Tuberías	15	Material
Otros	30	Material / Equipamiento

Tabla 1. Movimiento de camiones estimados por pozo, en la zona de Bakken (Agosta, 2015; Tolliver, 2014)

De la Tabla presentada se desprende que la mayor cantidad de viajes de camiones a boca de pozo, corresponde al agua transportada, ratificándose lo mencionado por (Agosta, 2015).

Esto implica una cuestión que debe ser planificada en la zona de Vaca Muerta, más aún donde existen conflictos con los centros urbanos de la región.

### Volúmenes de agua para hidrofracturación en Vaca Muerta

Con fuente en la Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de Neuquén (SEMHN, 2014), se desprende como dato principal, que el volumen de agua por etapa de fracturación es, en promedio, de 1.289 m<sup>3</sup>, siendo este valor un resultado estadístico de un conjunto de observaciones en campo (Tabla 2). Es destacable el volumen promedio de agua inyectada a un pozo de 11.883 m<sup>3</sup>, en diversas etapas de fracturación.

<b>Pozos Horizontales</b> <b>Área Loma Campana. Sh. Formación Vaca Muerta</b> <b>Resumen estadístico de producción y datos de pozo</b> <b>Junio de 2015</b>	
Espesor fracturado promedio (m)	757
Promedio de agua inyectada por pozo (m <sup>3</sup> )	11.883
Cantidad de arena sostén promedio por pozo (Bolsas de 5 kg)	39.266
Espesor de etapa por fractura (m/etapa)	85
Volumen de agua por etapa de fractura (m <sup>3</sup> de 5kg/N° Etapas)	1.209
Volumen de arena por etapa de fractura (m <sup>3</sup> de 5 kg/N° de Etapas)	4.325
Cantidad de bolsas de arena sostén por volumen de agua (5kg/m <sup>3</sup> de agua)	3

Nota: Obtenido de siete pozos horizontales con datos de fractura

Tabla 2. Resumen de datos de fractura de pozos. (Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de Neuquén, 2015)

## ANTECEDENTES DEL CASO A ANALIZAR

### Localidad de Añelo

Como caso de aplicación en la Tesis a efectuar, se abordará el caso de la localidad de Añelo, y su zona aledaña a la formación geológica de Vaca Muerta, en la provincia de Neuquén, República Argentina.

La localidad de Añelo se encuentra en una etapa de gran crecimiento demográfico, debido principalmente, al inminente desarrollo de actividades de explotación de petróleo no convencional en la región.

Según datos del Censo Nacional de Población y Viviendas del año 2010, realizado por el INDEC, la población del ejido urbano es de 2.449 habitantes. Actualmente, se estima que la población de residentes supera los 6.000 habitantes.

La localidad en estudio, tal como se menciona en el

informe “Añelo Sostenible” (BID, FYPF, & Añelo, 2014) constituye la ciudad más cercana al yacimiento de Loma Campana, en la formación de Vaca Muerta, dentro de la denominada Cuenca Neuquina.

El crecimiento demográfico verificado en la localidad se manifiesta en el estudio llevado a cabo por la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO, 2014), como así también, por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en la Iniciativa Ciudades Emergentes (BID et al., 2014) y el Plan de Desarrollo de Añelo (COPADE, 2014), donde se estima que la población al año 2034 ascenderá a 45.000 habitantes.

En la Tabla 3, se observa la proyección de la población realizada por el Área de Pensamiento Estratégico de la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO, 2014). Asimismo, en la Imagen 5, se presenta la mancha urbana de la localidad, donde se evidencia el avance de la misma hasta el año 2013.

Año	2010	2013	2019	2025	2034
Población Residente	2.449	5.760	20.730	32.323	45.757
Población Flotante		4.500	6.219	6.465	4.576
Total	2.449	10.260	26.949	38.788	50.333
%Población Flotante/ Población Residente		78%	30%	20%	10%

Tabla 3. Proyección de la población en Añelo (CAMARCO, 2014)

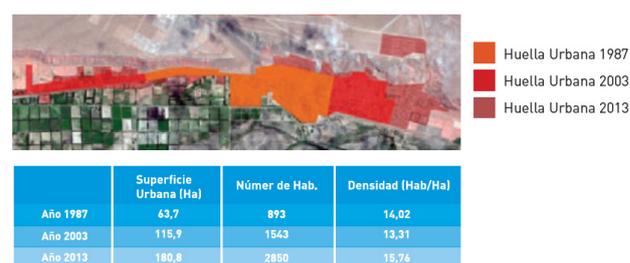


Imagen 5. Huella Urbana en Añelo (BID, FYPF, & Añelo, 2014)

En este mismo plan presentado por YPF, el BID y el Municipio de Añelo, se menciona textualmente que: “Debido a la ubicación estratégica de Añelo y al pequeño tamaño de la localidad el proceso de expansión productiva y demográfica está generando grandes oportunidades de crecimiento que deben ser encauzadas de manera sostenible. El crecimiento poblacional que experimenta la ciudad de Añelo y la expansión prevista para el corto y mediano plazo, determinan la necesidad de encaminar las transformaciones urbanas, sociales, económicas e institucionales de un modo inclusivo, armónico y eficiente. El cambio de escala implica la transición de una pequeña localidad rural, nacida de una vocación agroganadera, en una ciudad productiva. El desafío consiste en planificar su desarrollo con equidad y con una gestión adecuada de recursos que permitan construir un núcleo urbano sostenible en el largo plazo (BID, FYPF, & Añelo, 2014)”.

Tal como menciona Barrera (2014), el auge de la explotación también trae la oportunidad de innovar y desarrollar una mejor planificación para abordar oportunidades y amenazas.

En el caso particular de Añelo, el descubrimiento de Vaca Muerta representa la perspectiva de abrir una conversación sobre cómo la planificación puede emplearse como una herramienta para atenuar los impactos en los niveles subnacionales, como es Añelo, y traducir el descubrimiento de recursos en mejor bienestar para Argentina.

Por otro lado, es necesario destacar que la localidad de Añelo, se encuentra inserta en un contexto de un conjunto de localidades, que tal como lo presenta (BID, FYPF, & Añelo, 2014), se comprende para la Zona de Influencias y principales urbes, tal lo explicitado en la Imagen 6.



Imagen 6. Zona de Influencias y principales urbes (BID, FYPF, & Añelo, 2014)

## Recursos Hídricos

Pasando al plano específico de los recursos hídricos, la fuente actual de abastecimiento de agua para actividades de fracturación hidráulica proviene del Río Neuquén, siendo su caudal módulo de 280 m<sup>3</sup>/s, según manifiesta la Autoridad de Cuenca Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC, 2015).

Para llevar a cabo actividades de hidrofracturación, se permite extraer del Río Neuquén a razón de 0,1 m<sup>3</sup>/s, siendo este valor monitoreado por la Dirección General de Fiscalización Hídrica, dependiente de la Subsecretaría de Planificación y Servicios Públicos del Ministerio de Energía, Ambiente y Servicios Públicos de la provincia de Neuquén (Laurenzano, 2015).

Las empresas que extraen agua del río Neuquén se rigen con el pago de un canon, reglamentado según el Decreto N° 1483/12 de la provincia de Neuquén.

El ciclo del agua dispuesto para las actividades de hidrofracturación, consta de cinco pasos claves, tal como se ejemplifica a través de la Imagen 7.

El ciclo comienza con la extracción del recurso hídrico de un cuerpo de agua, que luego de ser mezclado con arena y un conjunto de componentes químicos, es inyectado a presión en una perforación de petróleo. Posteriormente, es tratado y devuelto al cuerpo de agua. En el caso particular de la provincia de Neuquén, es necesario destacar que el uso de agua para la actividad de hidrofracturación se encuentra restringido a aguas superficiales.

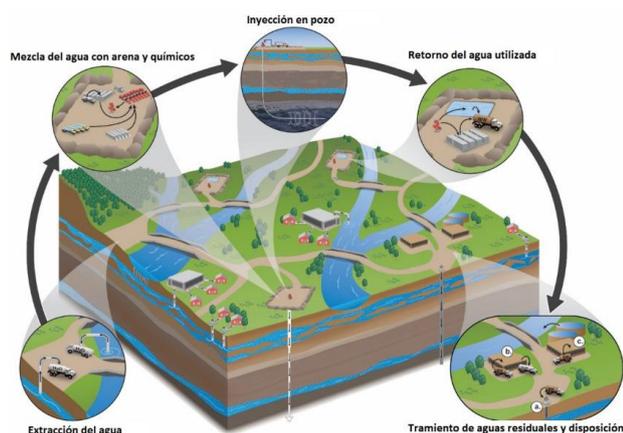


Imagen 7. Ciclo del Agua para las actividades de hidrofracturación (EPA, 2015)

El Instituto Argentino del Petróleo y Gas (López Anadón, 2014) expresa que en materia de aguas, la producción de hidrocarburos no convencionales requiere del empleo de mayores cantidades, mediante la aplicación de técnicas de hidrofracturación comparada con el sistema tradicional o convencional.

En lo relacionado al ámbito urbano y su interacción con el uso de los recursos hídricos, la localidad de Añelo se abastece de aguas subterráneas, a partir de perforaciones del subálveo del río Neuquén (BID, FYPF, & Añelo, 2014).

El servicio de abastecimiento y distribución de agua en la localidad es brindado por la Municipalidad de Añelo, conformando la cobertura de conexiones domiciliarias a la red de agua un 84% de los hogares.

Se estima que entre un 70 y 80% de las viviendas cuentan con tanque de reserva individual (CAMARCO, 2014). En la Imagen 8, se presenta el esquema de abastecimiento actual, presentado por (BID, FYPF, & Añelo, 2014).



Imagen 8. Esquema de abastecimiento de agua, localidad de Añelo (BID et al., 2014)

A partir de lo descripto, puede mencionarse que, en cuanto a la necesidad de agua para la actividad de hidrofracturación y el abastecimiento urbano, cabe abordar la temática desde una perspectiva global, considerando las interacciones entre los campos de explotación petrolera, el río Neuquén, el embalse Los Barreales y la localidad de Añelo.

## PROYECTO RED AZUL

Según como manifiesta la Academia Nacional de Ingeniería (ANI, 2014), en el año 2012, la provincia de Neuquén presentó un proyecto denominado “Red Azul”, a partir de una propuesta conceptual para el desarrollo y financiamiento de un sistema de acueductos, tal como se presenta en la Imagen 9. Para la presente Tesis, no

fue posible la obtención del proyecto, más que lo presentado en la imagen mencionada.

En dicho proyecto se proponía la creación de una compañía capaz de “construir y operar una red de acueductos, permitiendo un uso más racional y eficiente del agua, optimizando las inversiones, posibilitando un mayor control de su uso, prevenir la utilización ilegal de la misma, habilitar su uso industrial durante los breves períodos de tiempo de la fractura, y lograr una disposición final con agua de calidad controlada.”

La ANI (2014) manifiesta que sería deseable que el sector público impulse el desarrollo del Proyecto Red Azul, u otro plan para administrar y potenciar el uso de los recursos hídricos, no solo de la actividad de explotación hidrocarburífera, en este caso hidrofracturación, sino también, para el crecimiento integral de la provincia.



Imagen 9. Proyecto Red Azul (ANI, 2014)

Por otro lado, según se presenta en el Sistema de Identificación y Ponderación de Proyectos Estratégicos (SI-PPE), perteneciente a la Subsecretaría de Planificación de la Inversión Pública de la Nación, este proyecto, ideado originalmente por el Gobierno de la provincia del Neuquén, entre los años 2012 y 2013, fue retomado y desarrollado técnicamente por una empresa de la provincia de Neuquén, Ingeniería SIMA, para ser propuesta como una asociación público-privada.

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

### Sistema de abastecimiento urbano

En función de la información disponible hasta el año 2017, y en base a los datos presentados por la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO, 2014), se caracterizan los distintos componentes del sistema de abastecimiento urbano de la localidad de Añelo.

Las principales características del sistema existente en el año 2015 son las siguientes, con fuente en el estudio de la CAMARCO:

#### A) Sistema de captación:

- > Cantidad total de perforaciones: 4.
- > Cantidad de pozos de agua en funcionamiento: 4.
- > Caudal de agua por pozo (aproximado): 20 m<sup>3</sup>/h.
- > Caudal total de agua suministrada a la red (aproximado): 70 m<sup>3</sup>/h.
- > Sistema de cloración, compuesto por un tanque y una bomba dosificadora.
- > No hay medición de caudales, los mismos se determinan en forma estimativa.
- > Habitantes servidos por la red: 5.000.
- > Caudal aproximado de agua para camiones: 50.000 m<sup>3</sup>/mes.
- > Conexiones de agua (aproximadas): 1.300.
- > Material de la red de agua: 70% PVC y 30% fibrocemento.
- > Antigüedad de la red de agua: 30 años (más antiguo) y 12 meses (más reciente), al mes de diciembre de 2014.
- > Existen dos reservas, una que abastece a la planta urbana ubicada al sur, y otra que abastece, exclusivamente, a la zona del ex-parque industrial y de servicios.

#### B) Almacenamiento de agua potable:

- > Cantidad de reservas: 2.

- > Capacidad de reserva 1: 240 m<sup>3</sup>.
- > Capacidad de reserva 2: 100 m<sup>3</sup>.

### C) Red de distribución de agua potable:

- > Población actual servida en Añelo: 5.760 habitantes.
- > Viviendas: 1.551 viviendas.
- > Conexiones de agua: 1.300 conexiones.
- > Habitantes por vivienda: 3,7 habitantes/vivienda.
- > Longitud de la red: 19.423 metros.
- > Metros de red por conexión: 14,90 m/conexión.

### Propuestas ICES

En la propuesta efectuada por el BID, FYPF, & Municipio de Añelo (2014), en el marco de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES), se plantean medios de captación y potabilización para la localidad

de Añelo, lo cual es acertado, dado que las obras de provisión de agua potable deberán adecuarse al incremento de la demanda poblacional y de usos.

Tal como plantea (BID, FYPF, & Añelo, 2014), para satisfacer la demanda del año 2014, se proponen diferentes acciones.

### Infraestructura de conducción de agua para actividades hidrocarburíferas

Con fuente en el Sistema de Información Geográfico de la Secretaría de Energía de la provincia de Neuquén, se determinó la existencia de acueductos con fines industriales en la cercanía de la localidad de Añelo. En la base de datos, se especifica las principales características de los mismos. En la Imagen 10, se presenta un ejemplo de las trazas de los mismos.

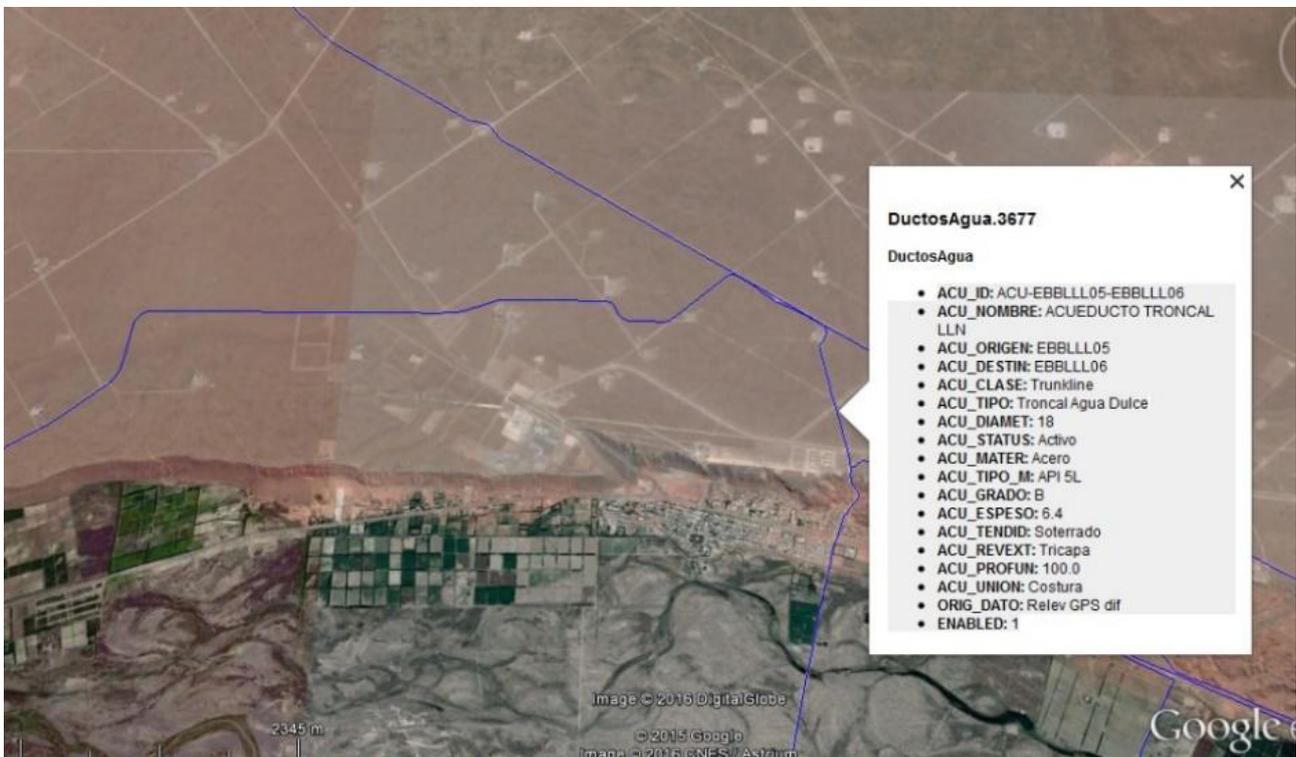


Imagen 10. Abastecimiento de agua para actividades hidrocarburíferas (En azul, acueductos). (Google Earth, 2016; SEMHN, 2016)

En la Imagen 11, se presenta una fotografía de la obra de toma en el Embalse Los Barreales, donde se extrae agua para actividades hidrocarburíferas. Asimismo, esta infraestructura de toma, viene acompañada de una obra de inyección de agua, donde en la Imagen 11, se puede apreciar la ubicación de la misma.



Imagen 11. Obra de Toma en Embalse los Barreales  
Arriba: Puente de toma (Google Earth, 2016)  
Abajo: Ubicación Obra de Toma en Embalse los Barreales (Google Earth, 2016; SEMHN, 2016)

## OTROS ANTECEDENTES

### Hipótesis de crecimiento: PET, 2016

Lo planteado en este apartado fue efectuado en el marco de la publicación denominada “Estudios Estratégicos para el Desarrollo Territorial de la Región de Vaca Muerta”, elaborado en el marco del Plan Estratégico Territorial.

En el mencionado informe, se expresan diversas hipótesis en cuanto al crecimiento poblacional de la Región de Vaca Muerta, la cual se conforma por cuatro provincias (Mendoza, Río Negro, La Pampa y Neuquén), en donde se encuentra inserta la localidad de Añelo (PET, 2016).

Como punto clave en el informe (PET, 2016) se manifiesta que: “Si bien los diversos factores en juego hacen imposible predecir un escenario de futuro certero, si la competitividad del shale argentino se mantiene, cobrará una significativa importancia tanto a nivel regional, por las transformaciones socioterritoriales que implicará su explotación, como a nivel nacional, por los efectos positivos que producirá sobre la balanza de pagos y, consecuentemente, sobre el desarrollo de la economía del país.”

Una cuestión de relevancia es que, a pesar de la imprevisibilidad y con el objetivo de planificar, es necesario proyectar escenarios capaces de aportar conocimiento con ciertos márgenes de probabilidad, los cuales permitan prever y operar, en consecuencia, sobre las transformaciones en esta etapa inicial (PET, 2016).

### Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS)

El Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS), fue creado a través de la Ley N° 1763, en agosto del año 1988, como un organismo descentralizado y autárquico, dependiente de la Subsecretaría de Estado y Recursos Naturales, cuya misión regular radica en controlar y garantizar la provisión de agua potable y el saneamiento a toda la provincia de Neuquén (EPAS, 2016).

Actualmente, el organismo estatal neuquino es responsable de prestar servicio de agua potable y saneamiento en las localidades de Neuquén, Senillosa, El Chocón, Chos Malal, Taquimilán, Andacollo y Junín de los Andes. Además, se ocupa de proveer agua en bloque a los municipios de Cutral Co y Plaza Huinca, quienes tienen a su cargo la distribución domiciliaria.

Las principales funciones del EPAS son: “planificar, estudiar, proyectar, construir, comprar, transferir, renovar, ampliar y explotar sistemas de tratamiento y provisión de agua potable, y recolección y tratamiento de líquidos cloacales y residuales. Además, tiene como función planificar toda obra complementaria o conexas con la prestación de los servicios públicos a su cargo (EPAS, 2016)”.

El organismo estatal neuquino es el encargado de llevar adelante obras de ingeniería de gran magnitud, como lo es el Acueducto Mari Menuco. Este proyecto presenta el objetivo de abastecer de agua potable, en cantidad y calidad, a un millón de habitantes de la provincia de Neuquén, y generar un área cultivable de 30 mil hectáreas bajo riego (EPAS, 2016).

## MÉTODO: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### Producción de agua compartida mediante un conjunto de acueductos

Tal como se mencionó previamente, son cuatro los componentes integrantes de los temas a analizar, con miras a optimizar el uso de los recursos hídricos en la sumatoria de las actividades de hidrofracturación con el abastecimiento urbano. La localización de los componentes de análisis se observa en la Imagen 2, siendo los siguientes:

1. El río Neuquén, fuente superficial para las actividades de hidrofracturación;
2. La localidad de Añelo, la cual se abastece de perforaciones subterráneas del subálveo del Río Neuquén;
3. La explotación de petróleo no convencional, denominada Loma Campana (Delimitación de forma esquemática).
4. El embalse Los Barreales, potencial fuente de abastecimiento de agua.

La propuesta se enfocará en efectuar una integración de los cuatro componentes mencionados, con miras a cumplir con los objetivos de la Tesis.

Como se mencionó previamente, el objetivo de este trabajo radica en efectuar un ejercicio de planificación para la optimización de los recursos hídricos, por ende, no se ahondará en conceptos de proyectos de ingeniería de las alternativas de abastecimiento planteada, siendo la misma una solución dentro de un conjunto de posibles soluciones.

En la Imagen 12, se muestra un esquema de la propuesta de abastecimiento integrado, el cual posee variados beneficios desde el punto de vista de la planificación.

En trazos de color rojo, se observan los componentes actuales de los sistemas de abastecimiento: Sistema de agua para fracking, tomadero de agua del Río Neuquén y el sistema urbano (pozos de agua al subálveo), ambos descriptos previamente.

La palabra “tomadero” se refiere a la forma habitual de nombrar a las tomas de agua para el uso industrial. En el caso de estudio, se ha identificado una de ellas, aunque se tiene conocimiento de la existencia de otras, como en el Paraje Tratayen, ubicado a 15 km al sureste de la localidad de Añelo.

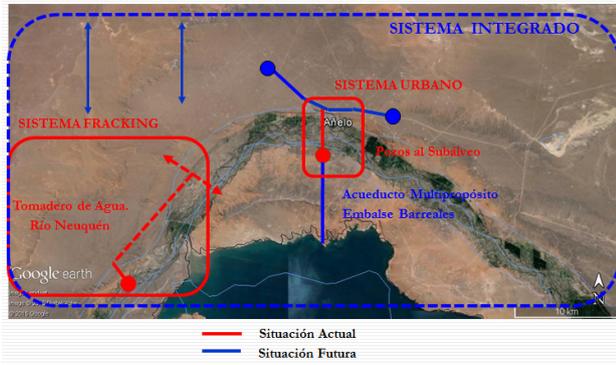


Imagen 12. Propuesta de esquema de abastecimiento de agua, localidad de Añelo

De forma esquemática, puede dividirse el análisis en las siguientes alternativas de soluciones, explicitadas en la Imagen 13:

- > Situación A (Situación actual): Abastecimiento con camiones + abastecimiento de agua subterránea a la localidad.
- > Situación B (solución): Integración, abastecimiento por acueducto.



Solución A - Camiones y agua subterránea



Solución B - Sistema Integrado (Kznheritage Org, 2017)

Imagen 13. Soluciones propuestas para el caso de análisis de Añelo

El concepto planteado en esta Tesis no es nuevo. Se lo menciona en el informe “Estudios Estratégicos para el desarrollo territorial de la región de Vaca Muerta” (PET, 2016), como así también, en el Proyecto Red Azul, donde se especifica la necesidad de transportar el agua para hidrofracturación mediante una serie de acueductos troncales hasta bocas de expendio, donde camiones recolectan y distribuyen el líquido a los pozos donde se llevará a cabo la fracturación.

En dicha publicación se menciona lo siguiente: “El impacto de los viajes generados por las necesidades de agua se presenta como el más importante, y representa el 39% del movimiento total de camiones hacia los pozos hidrocarburíferos”.

El mismo concepto lo menciona Agosta (2015), y fue presentado en el apartado de recopilación de antecedentes.

Tal como menciona en el PET (2016), la legislación de la provincia de Neuquén en materia hídrica para uso hidrocarburífero no convencional, permite la utilización de aguas superficiales.

Este mismo informe menciona: “En el área correspondiente a la Onda de Crecimiento 1 (Zona Añelo), el río Neuquén se configura como la principal fuente de agua mediante tomas desde los embalses de su curso medio. El traslado de dicha carga compromete la circulación por la RP 7 de Neuquén, por la cual deben cruzar y transitar los camiones con agua, para luego, subir a la meseta y llegar a destino. Este importante tráfico puede minimizarse si se instrumenta una red de distribución y almacenaje que acerque el agua a los pozos, generando puntos de carga para camiones en lugares seleccionados. La construcción de una red de distribución por acueductos permite regular y controlar el consumo de agua, fomentando su uso racional, además de constituirse en una posible fuente de ingresos para las arcas provinciales en concepto de canon por su uso. Minimizar los traslados permite, también, reducir la afectación de las rutas, limitar el número de camiones necesarios para los traslados y, desde el punto de vista ambiental, redu-

cir las emanaciones de dióxido de carbono y el consumo de combustibles fósiles, entre otros”.

Por ello, se plantea en los estudios mencionados como imprescindible la ejecución de una red de distribución que, con captación en los cuerpos de agua cercanos, principalmente en los embalses y el Río Neuquén, acerque el recurso a los puntos de consumo, para luego, distribuirlos hasta los pozos mediante tramos de enlace cortos por camión (PET, 2016).

La posibilidad de abastecer de agua cruda a la actividad industrial, y a su vez, contar con la oportunidad de llevar la infraestructura a una zona urbana, con el objetivo de ser potabilizada y brindada a la población, presenta un potencial valorado desde el punto de vista de la planificación, atento a ello, surge la propuesta planteada.

### Abastecimiento integrado

La integración entre el abastecimiento de un centro urbano y una actividad industrial (de forma parcial), constituye una modalidad de planificación capaz de optimizar el uso de los recursos hídricos, con el fin de obtener beneficios económicos y ambientales, conformando

una oportunidad para garantizar la implantación de la infraestructura de agua en una localidad en desarrollo. A modo esquemático se plantean un conjunto de etapas, desde el inicio de un proyecto de abastecimiento, hasta el fin del período de diseño.

Para la presente Tesis, se considera un período de proyección de 20 años, donde las actividades deben convivir y regular el uso sostenible del recurso.

Es así que se plantean, cinco etapas, donde de forma hipotética, se asignan los recursos a cada uso, con el objetivo de mostrar que la distribución puede no ser homogénea durante todo el estadio de planificación, incluso, podrían surgir en un futuro diferentes usos como ser: otros usos industriales, riego agrícola o actividades de recuperación. Lo citado se expone en la Tabla 4.

Por otro lado, vale precisar que los porcentajes planteados en cada etapa son estimativos, y requieren del desarrollo de un proyecto específico para determinarlos. En la presente Tesis, se ofrece un detalle de las proyecciones de volumen necesario, brindando un indicio con mayor profundidad, de las necesidades de recursos hídricos.

Escenario	Usos	Año	Abastecimiento Urbano	Abastecimiento Hidrofractura	Otro
Etapa 1	Abastecimiento urbano	0	0	0	
Etapa 2	Abastecimiento Urbano + Hidrofracturación	1	40	60	0
Etapa 3	Abastecimiento Urbano + Hidrofracturación + Recuperación Secundaria	5	30	70	0
Etapa 4	Abastecimiento Urbano + Recuperación Secundaria	10	20	60	0
Etapa 5	Abastecimiento Urbano + Recuperación Secundaria	20	20	60	20

Tabla 4. Posibles escenarios planteados para el abastecimiento de agua

Por otro parte, una vez desahfectadas las estructuras diseñadas para ambos requerimientos (Hidrofracturación y abastecimiento urbano), se estima que la capacidad para el segundo uso será satisfecha, por ende, el rema-

nente podrá ser utilizado para diversos tipos de actividades, u otros usos dentro de la industria hidrocarburífera y/o la agricultura.

## Beneficios de las propuestas

En virtud al análisis planteado, resulta factible estudiar la provisión de agua, tanto para la actividad de hidrofracturación, como para la población. En el presente trabajo, se abordan las siguientes hipótesis, la cuales se manifiestan en función de los beneficios generados:

> Si se planea una fuente única para abastecimiento de agua, tanto a la localidad de Añelo como para un sector de las actividades relativas a la hidrofracturación en el yacimiento Loma Campana, entonces, será más eficiente y sostenible el uso del agua en la región (por ejemplo, mediante el diseño y desarrollo de alternativas tecnológicas).

> Si se planea una propuesta regional de abastecimiento de agua para las distintas actividades, entonces, se maximizan los beneficios económicos de las actividades intervinientes (previa investigación en el área de planeamiento y gestión).

> Si se mejoran las diferentes acciones propuestas en los planes existentes, referidas a infraestructura de agua, entonces, se podría optimizar la integración de la actividad del No Convencional y el abastecimiento de agua a la localidad de Añelo.

> Si se efectúa una comprensión del funcionamiento integral, con una clara noción de la interdependencia de los distintivos factores, entonces, el análisis propuesto se podría aplicar a otros sitios con características similares.

## Tipos de beneficios ante la optimización de uso de los recursos hídricos

Resulta ser destacable la magnitud de beneficios aportados por la optimización del uso de los recursos hídricos, tanto en una actividad industrial, como en una local con crecimiento a raíz del desarrollo de la actividad. A continuación, se los mencionan, y posteriormente, se detallan cada uno de los citados beneficios:

- i. Administración y disponibilidad del recurso hídrico.
- ii. Económicos.
- iii. Tecnológicos.
- iv. Transparencia social, responsabilidad social.
- v. Ambientales.
- vi. Operacionales.
- vii. Logísticos.
- viii. Calidad de los servicios.
- ix. Fiscalización de los recursos hídricos.
- x. Eficiencia energética.

**i. Administración y disponibilidad de recursos hídricos:** Mediante la ejecución de una obra de toma única (en principio), tanto para la localidad de Añelo, como para las actividades industriales de hidrofracturación, se estima conseguir el control estricto del uso de los recursos hídricos para ambos fines.

**ii. Económicos:** Se manifestarían beneficios económicos, tanto en el abastecimiento urbano propiamente dicho, como ahorros en los traslados de agua para la hidrofracturación para las empresas operadoras.

**iii. Tecnológicos:** Mediante el control automatizado, y un sistema SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Este es un concepto aplicado en un software para ordenadores capaz de controlar y supervisar procesos industriales a distancia. La disponibilidad de un acueducto conforma un beneficio tecnológico, al posibilitar la operación a demanda del recurso hídrico, permitiendo la utilización del mismo en los momentos de necesidad de forma programada.

**iv. Transparencia Social, Responsabilidad Social:** Si se implementa un conjunto de obras a las planteadas en la propuesta, la sociedad puede conocer en tiempo real los antecedentes de consumo de agua, tanto en la actividad industrial como en el centro urbano. Por otro lado, en el caso del transporte mediante camiones, el número de viajes efectuados, suele resultar una magnitud desconocida o certera. La seguridad de contar con el abastecimiento, tanto para la actividad principal de la región, como para la localidad cabecera, resultaría en

un notable beneficio social. De esa forma, podrían garantizarse el desarrollo de actividades relacionadas con el recurso hídrico.

**v. Ambientales:** La combustión generada por los traslados de agua mediante camión, tal como se manifiesta, tanto en el PET (2016), como por Agosta (2014), provoca un impacto ambiental digno de cuantificar. Con la implementación de un sistema integrado de abastecimiento, ello podría reducirse sustancialmente, mediante el sistema de abastecimiento a demanda. En lo referido estrictamente al ámbito local, la supresión del abastecimiento de fuentes de agua subterránea representa un beneficio en cuanto a la seguridad del aprovisionamiento de esta fuente, al permanecer regulada aguas arriba por una obra hidráulica, como lo es el conjunto de embalses existentes.

**vi. Operacionales:** La posibilidad de contar con un conjunto de acueductos representa un beneficio operacional para las actividades de hidrofracturación, al facilitar el suministro a demanda de los recursos hídricos, como, asimismo, controlar con precisión el volumen de agua utilizado para la actividad.

**vii. Logísticos:** Con la implementación de un sistema integrado de abastecimiento se reducirá el número de viajes con el fin de acarrear agua hasta los pozos, de esa forma, el tránsito en el ejido urbano de Añelo se verá reducido, mejorándose las condiciones de seguridad vial en la localidad. Principalmente, en el eje de la Ruta Provincial N° 7, donde circulan gran cantidad de camiones.

**viii. Calidad de los servicios:** La sistematización del abastecimiento de agua contribuirá a la mejora en la calidad de los servicios, tal como se planteó al inicio, al disminuir las interrupciones en la prestación del mismo.

**ix. Fiscalización de los recursos hídricos:** La fuente única de abastecimiento para un sector de una zona de hidrofracturación, representaría un beneficio en la fiscalización del uso del recurso hídrico, al tender a eliminar tomas de aguas ilegales. De la misma manera, se contabiliza el agua brindada a la zona urbana, de forma tal

de optimizar el uso mediante la contabilización de los volúmenes aportados.

**x. Eficiencia energética:** En el sistema propuesto, se podrían disponer fuentes de energía eléctrica renovables en los sistemas de toma e impulsión del agua, más dispositivos de reducción energética en los circuitos de bombeo y estaciones potabilizadoras a diseñar.

### Desventajas de las propuestas

A continuación, se mencionan una serie de impactos negativos de las propuestas, entre un conjunto mayor que puedan surgir, distinguiéndose entre directos e indirectos.

#### Impactos negativos directos

> Desafectación de un cierto número de camiones empleados para el abastecimiento de agua hacia los pozos a hidrofracturar. Estos podrían emplearse para las distancias cortas, entre el expendio de agua al final del acueducto y pozo, o reconvertirse a otro uso.

> Interdependencia de ambas actividades (hidrofracturación y abastecimiento urbano). El cese de la actividad hidrocarburífera podría ser crítico para la operación y el mantenimiento de la infraestructura donde se invierte. Por otro lado, tal como se mencionó, sería posible integrar otras actividades, como el riego agrícola u otras tareas industriales.

> Oportuna o posible contaminación en el sistema integrado propuesto.

#### Impactos Indirectos (de la actividad)

> Impacto en el sector frutihortícola (PET, 2016).

> Efecto de la Enfermedad Holandesa (BID, FYPF, & Añelo, 2014).

> Diversos impactos negativos debidos al desarrollo de la explotación de Vaca Muerta, los cuales exceden los objetivos del presente trabajo.

## ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PROPUESTA

### Producción y distribución de agua mediante un conjunto de acueductos

De forma esquemática, y como uno de los objetivos de este trabajo, se plantea una posible estructura del conjunto de obras de abastecimiento de agua.

El rango de las obras propuestas se divide en un acueducto primario y acueductos secundarios. El acueducto primario colecta agua para ambos usos, es decir, hidrofracturación y abastecimiento urbano. Los acueductos secundarios son aquellos encargados de transportar el agua para ser utilizada en las actividades de hidrofracturación, en un principio, pudiéndose generar acueductos de orden terciario, con el fin de economizar en el transporte de agua.

Con la propuesta planteada, como una de las posibles soluciones, no se tiende a abastecer en un todo a las actividades de hidrofracturación, alcanzando a una parte de ella, en cambio, será primordial abastecer en un 100 % al sector urbano. En la Figura 14 se puede observar un esquema de la alternativa planteada, a macro escala, donde en línea azul se presenta la traza de un conjunto de acueductos.



Imagen 14. Propuesta de esquema de abastecimiento de agua en la localidad de Añelo y explotación en Loma Campana. En línea azul, el acueducto con toma en el embalse Los Barreales.

### Componentes del sistema de abastecimiento integrado

La red de abastecimiento integrada se compone de un conjunto de obras, distinguidas según su jerarquía de importancia. Los acueductos componentes del macrosistema (urbano e industrial), se diferencian entre: Acueducto primario o troncal, acueductos secundarios y acueductos terciarios. El acueducto primario o troncal, abastece de agua cruda, la cual debe potabilizarse mediante una planta, para el consumo humano de la localidad en cuestión y la actividad industrial. Los acueductos secundarios y terciarios conducen el agua a las cercanías de los pozos, para finalmente, mediante su transporte en camión, disponerla convenientemente.

Por otro lado, para conseguir el funcionamiento del sistema, se requieren otros componentes fundamentales, como ser: cisternas para abastecimiento urbano (integradas a las existentes y a los tanques elevados actuales); estación de toma en embalse; estaciones de bombeo y reguladoras de presión, las cuales surgirán de un proyecto ejecutivo. En la Imagen 15, se puede apreciar esquemáticamente los componentes del macrosistema.



Imagen 15. Detalle de componentes del macrosistema, zona Loma Campana  
 Línea azul: Acueducto primario o troncal de agua cruda  
 Línea Roja: Acueducto secundario  
 Línea Amarilla: Acueducto terciario  
 Símbolo negro y blanco: Cisternas de almacenamiento de agua

Desde luego, las trazas de los acueductos deberán consensuarse técnicamente con las compañías. Ante ese escenario, las imágenes presentadas corresponden a esquemas ilustrativos desde el punto de vista de la planificación.

En las siguientes imágenes, se presentan posibles alternativas, a nivel de idea, de diversos acueductos con los fines mencionados.

De ello deriva el imprescindible diseño del proyecto de ingeniería de detalles, donde se consideran particularmente las condiciones topográficas para impulsar el agua, desde el embalse o río, hacia las zonas más elevadas del área de estudio.

En el presente caso, el sector denominado “La Barda”, se considera como uno de los puntos más elevados donde se requiere impulsar agua.

Tal como se mencionó previamente, en la propuesta SI-PPE, uno de los acueductos planteados, el Troncal III (Zona Este de Añelo), el cual abastecería a las empresas YPF-Chevron-Shell, Entre Lomas, Pluspetrol, entre otras, considera la construcción de un punto de succión sobre un canal de riego, ubicado a la cota 420 msnm. La misma podría considerarse como otra alternativa de aprovisionamiento, en este caso, para la actividad industrial, estimando las competencias con los productores agrícolas.

En cuanto al sistema urbano, en la Imagen 16 se presentan sus componentes, detallándose los mismos en las referencias de la figura. En ella se puede observar la traza de un acueducto troncal, el cual abastece de agua cruda a una planta potabilizadora, para posteriormente, enviarse mediante un acueducto de agua potable a una cisterna en algunas de las zonas más elevadas de la localidad.

Por otro lado, del acueducto troncal se desprendería un acueducto de enlace (línea verde) a un acueducto secundario, el cual como se mencionó previamente, presenta la misión de abastecer de agua a los pozos petroleros (línea roja).

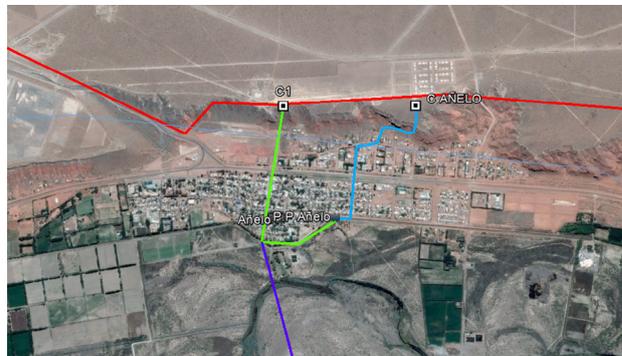


Imagen 16. Detalle de los componentes del sistema urbano y sus referencias

Línea azul: Acueducto primario o troncal de agua cruda

Línea verde: Acueducto de enlace

PP: Planta Potabilizadora Añelo

Línea celeste: Acueducto de agua potable

C. Añelo: Cisterna de agua potable en la meseta de Añelo

Línea Roja: Acueducto secundario

### Estimación de volúmenes diarios

Para una primera aproximación respecto de los volúmenes diarios requeridos de agua, destinados tanto para el abastecimiento urbano como a la hidrofracturación, es necesario basarse en las hipótesis planteadas en las limitaciones del presente trabajo, junto con las recopiladas entre sus antecedentes.

La obtención de los volúmenes parte del objetivo de estimar, desde el punto de vista de la planificación, las dimensiones de las obras a ejecutar de manera preliminar, para la realización del abastecimiento integrado (o parcialmente). En la determinación de los mismos, se dividirán los aprovisionamientos urbanos de Añelo y los de hidrofracturación.

### Estimación de volúmenes diarios: Abastecimiento urbano

Con el objetivo de estimar magnitudes de volúmenes, con miras a optimizar el uso de los recursos hídricos, y conocer las cantidades empleadas en futuras planificaciones, se aplica la metodología clásica para la determinación de caudales de diseño.

### Caudal medio diario

El caudal medio diario ( $Q_{md}$ ), comprende el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año, y puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{365 \cdot 24}$$

Donde:

$p$  = Población Futura (habitante)

$d$  = Dotación media de agua potable (l/día/habitante)

En el caso de la localidad de Añelo, se adoptó una dotación de 262 l/día/habitantes, aplicando una proyección de su población presentada por la Cámara Argentina de la Construcción.

En la Tabla 5, se presentan los valores resultantes en función de la proyección propuesta (CAMARCO, 2014), junto con los volúmenes de agua diariamente necesarios.

Año	Población Proyectada	Qmd (l/s)	Dosis Media (l/habitante/día)	Volumen medio diario (m³)
2013	10260	31.1	262	2688
2025	38788	117.6	262	10162
2034	50333	152.6	262	13187

Tabla 5. Caudal medio diario y volumen considerado

### Caudal máximo diario

El caudal máximo diario,  $Q_{MD}$ , corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas en un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $\alpha_1$ . Utilizando el mencionado coeficiente, se multiplica  $\alpha_1$  y el  $Q_{md}$  (caudal medio diario), obteniéndose el caudal máximo diario, tal como se presenta en la Tabla 6.

Año	Qmd (l/s)	$Q_{MD}$ (l/s)	Volumen medio diario (m³)
2013	31.1	46.7	4032
2025	117.6	176.4	15244
2034	152.6	228.9	19781

Tabla 6. Caudal máximo diario y volumen considerado

### Caudal máximo horario

El caudal máximo horario,  $Q_{MH}$ , corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año, sin estimar el caudal de incendio.

Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario,  $\alpha_2$ . Para este caso, se seleccionó un  $\alpha_2$  de 1,5. Multiplicando el  $Q_{MD}$  (Caudal Máximo Diario) y el coeficiente de mayoración,  $\alpha_2$ , se obtiene el caudal máximo horario, tal como se presenta en la Tabla 7.

Año	Qmd (l/s)	$Q_{MH}$ (l/s)	Volumen máximo diario, determinado en $Q_{MH}$ (m³)
2013	46.7	70.0	6048
2025	176.4	264.6	22866
2034	228.9	343.4	29671

Tabla 7. Cálculo del caudal máximo horario

Dada la incertidumbre en las proyecciones de población, a los efectos de contar con un valor de volumen diario de agua a producir para el consumo humano, se selecciona el volumen máximo diario, mayorado por el correspondiente factor.

### Estimación de volúmenes diarios: Hidrofracturación

Tal como se explicó previamente, según datos oficiales de la Secretaría de Energía de la provincia de Neuquén, el consumo de agua por etapa de fracturación es de 1.289 m³ (SEMHN, 2014).

En promedio, y por pozo, una operación de fracturación presenta una duración de 5 días, con un promedio de 1.3 etapas de fractura por día. Estos valores arrojarían un volumen requerido, en promedio, de 1.675 m<sup>3</sup> de agua por pozo por día (1.3 x 1.289 m<sup>3</sup>).

Por otro lado, según plantea (SIPPE, 2017), se estima que un pozo No Convencional consume entre 500 y 2.000 m<sup>3</sup> por etapa de fractura. Se considera, en cada etapa de desarrollo, que cada yacimiento del área ofrecerá un set de perforación operando dos etapas de fractura por día, como mínimo.

Dichas presunciones arrojan una demanda de 24.000 m<sup>3</sup> diarios de consumo, previéndose contar con una necesidad de transporte de 30.000 m<sup>3</sup>/día.

Considerando la ejecución de 5 pozos en simultáneo por día en el inicio del proyecto, se analizan dos alternativas para calcular el consumo de agua para hidrofracturación. Según (SIPPE, 2017), se implementan dos etapas de fractura por día.

Por otro lado, una posición más conservadora (SEMHN, 2014), tal como se mencionó previamente, estima 1,3 etapas de fracturación por día.

En la Tabla 8 se proponen, para el período de diseño, los volúmenes diarios necesarios de agua destinados a la hidrofracturación, considerando ambas alternativas de cálculo, con las respectivas suposiciones del caso.

Pozos	Cantidad de operaciones a abastecer en simultáneo. Etapas. SIPPE	Cantidad de operaciones a abastecer en simultáneo. Etapa. Secretaría de Energía	Consumo agua diaria (m <sup>3</sup> ) SIPPE	Consumo agua diaria (m <sup>3</sup> ) Energía
5	10	6.5	16757	10892
10	20	13	33514	21784
15	30	19.5	50271	32676

Tabla 8. Volúmenes de agua estimados para hidrofracturación

Si un camión puede transportar, como máximo, 30 tn, en función del volumen de agua necesaria y la máxima carga, puede estimarse la cantidad de viajes hasta el pozo a ejecutar.

En la Tabla 9 se presenta la estimación de cantidad de viajes a ejecutar, donde efectuando un proyecto de abastecimiento de acueducto, la distancia del número estimativo se reduce considerablemente.

El cálculo presentado podría efectuarse para un valor de carga máximo inferior, aunque por cuestiones prácticas, de adoptó 30 tn.

Año	Consumo de agua diaria (m <sup>3</sup> /día)	Nº de viajes de camión por día
2013	16.757	559
2025	33.514	1.117
2034	50.271	1.676
2034	30.000	1.000

Tabla 9. Estimación de la cantidad de viajes diarios de agua

### Síntesis de volúmenes estimados

De sendos análisis propuestos previamente, se obtiene el volumen total de consumo entre ambos usos. La Tabla 10 presenta la estimación de volumen para el período de diseño, y sus porcentajes referidos al consumo total.

De allí se determina, hipotéticamente, para un período inicial, un 19% del consumo del sistema dado al abastecimiento urbano, y un 81% para la actividad de hidrofracturación, siendo la misma determinada a partir de un número limitado de pozos.

Por otro lado, para el final del período de diseño, al au-

mentar exponencialmente la población, según la proyecciones de (CAMARCO, 2014) y (BID, FYPF, & Añelo, 2014), el porcentaje de consumo de agua en el sistema se incrementa, como así también, se ha planteado un mayor número de sets perforados. Referido a ello se observa, para el caso calculado en base a los datos de la Secretaría de Energía de Neuquén, un porcentaje de consumo de agua para el centro urbano del 28% y de la actividad industrial de un 72%.

Ahora bien, si se considera el dato del proyecto (SIP-PE, 2017), el porcentaje de abastecimiento urbano es mayor, siendo de un 40% y de un 60% para la actividad industrial.

Año	Abastecimiento Urbano			Hidrofracturación			Volumen Total a producir
	Habitantes	Consumo agua diaria (m³)	%	Cantidad de operaciones a abastecer en simultáneo (pozos)	Consumo agua diaria (m³)	%	(m³)
2013	10260	4032	19	10	16757	81	20789
2025	38788	15244	31	20	33514	69	48758
2034	50333	19781	28	30	50271	72	70052
2034	50333	19781	40	Proyección SIPPE	30000	60	49781

Tabla 10. Síntesis de volumen de ambos usos (Urbano e hidrofracturación)

### Obtención de inversiones

Con el objetivo de gestionar los recursos y optimizar su empleo, en el presente trabajo se plantea como propuesta, la creación de una compañía mixta de abastecimiento de agua.

Luego, se desarrollará el planteo de manera esquemática, siendo necesario analizar alternativas de financiamiento de inversiones.

Para la concreción de la citada propuesta, se plantea la creación de un Fideicomiso conformado por todos los usuarios del recurso, mediante el cual, se financiarán las obras y se llevará a cabo la operación y mantenimiento del sistema de provisión de agua.

Esta propuesta se concibe tanto para el tema en estudio, como para el caso en análisis, destinado a la localidad de Añelo y su entorno de la formación de Vaca Muerta. En principio, no se descarta la inversión del Fondo YPF-Chevron de Loma Campana, tal como se encuentra plasmado en el Plan de Acción Añelo Sustentable (BID et al., 2014).

De la bibliografía consultada, un fideicomiso o fideicomiso (del latín fideicomiso, a su vez de fides, “fe”, y commissus, “comisión”), conforma “un contrato en virtud del cual una o más personas (fideicomitente/s o fiduciante/s) transmiten bienes, cantidades de dinero o derechos, presentes o futuros, de su propiedad a otra persona (una persona física o persona jurídica, llamada fiduciaria), para que ésta administre o invierta los bienes

en beneficio propio o en beneficio de un tercero, llamado beneficiario, y se transmite, al cumplimiento de un plazo o condición, al fiduciante, al beneficiario u otra persona, llamado fideicomisario.” (RAE, 2017).

Como un estímulo más para participar en el programa, los fideicomisos serían responsables de promover y financiar nuevos proyectos, de diversas índoles. En el apartado Financiamiento se diseñó un esquema preliminar del mismo.

### Estudio de mercado

Al estudiar el mercado de una propuesta de planificación, es necesario reconocer todos y cada uno de los agentes los cuales, a partir de su actuación, presentarán algún grado de influencia sobre la decisión tomada al definir su estrategia comercial (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).

Se distinguen cinco submercados: Proveedor, consumidor, distribuidor, competidor y externo. Los componentes de estos mercados han sido mencionados previamente, y a continuación, se explicitan:

**Mercado proveedor:** Es de fundamental importancia formular un análisis de dicho mercado, ya desde el inicio del estudio, al determinarse la disponibilidad de insumos para llevar a cabo el proyecto. En lo relativo a la materia prima del mismo, el agua, es extraída de un cuerpo superficial, el cual se encuentra regulado mediante una presa de embalse, tal como se mencionó en los apartados correspondientes a los recursos hídricos.

**Mercado Competidor:** Se toma como mercado competidor del proyecto, a la distribución envasada de agua en la zona (abastecimiento urbano), y la distribución de agua industrial (logística de camiones). Estos distribuidores resultarían competencia directa con el proyecto, por ende, será clave el contacto con los mismos, con el objetivo de conseguir los correspondientes acuerdos.

**Mercado Distribuidor:** No se necesitan de agentes o sistemas especiales para la distribución del agua, al

permanecer cubierta por la red de diseño. De forma complementaria, tal como se mencionó previamente, el abastecimiento de agua a los pozos a hidrofracturar se transportará mediante camión, desde la boca de expendio a la boca de pozo.

**Mercado Consumidor:** Este mercado se encuentra constituido por la población de la localidad de Añelo y las actividades de hidrofracturación, cuya demanda fue estimada en puntos anteriores al presente.

**Mercado Externo:** No se considera su análisis, ya que los insumos y la mano de obra necesarios para el cumplimiento de la propuesta se adquieren dentro del país.

### Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

A lo largo de la vida de un proceso o un producto, se generan impactos resultantes de las emisiones al aire, suelo y agua, en cada una de las etapas de vida de esos procesos o productos.

La herramienta Análisis del Ciclo de Vida (ACV), fue desarrollada con la intención de identificar y describir todas las etapas del ciclo de vida de los productos, incluyendo desde la extracción de las materias primas o recursos primarios, procesos de transformación, producción, distribución, uso y disposición final como desecho; hasta su posible reutilización o reciclaje, y así mismo cuantificar una contribución de impacto potencial generado en cada una de las etapas antes mencionadas.

La metodología ACV es analítica, constituyendo una forma de cuantificar el impacto ambiental de un producto, dentro de un marco normativo capaz de regular los parámetros necesarios en los cuales se divide una evaluación de impacto, aplicándose diferentes herramientas y bases de datos para la obtención de resultados válidos y confiables.

La Organización Internacional de Normalización (ISO), a raíz de la creciente preocupación respecto de la protección ambiental y los posibles impactos asociados a todo

tipo de productos; ha desarrollado un método para comprender dichos impactos, utilizando la técnica desarrollada por el ACV, siendo ello destacado en la norma ISO 14040/44 (AENOR, 2006; IRAM & Certificación, 2008).

El ACV conforma una recopilación y evaluación de las entradas, salidas e impactos ambientales de un sistema o de un producto, asociado a una unidad funcional a lo largo de su ciclo de vida.

La unidad funcional constituye la medida de la función del sistema estudiado, y aporta una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas. Ello permite la comparación de dos sistemas diferentes. La definición de la unidad funcional puede ser difícil. Ha de ser precisa, y suficientemente comparable, para ser estimada como referencia.

Se establecen cuatro fases en un ACV:

- A. Definición de objetivo y alcance.
- B. Análisis de inventario.
- C. Evaluación de impacto.
- D. Interpretación de resultados.

Las áreas de aplicación previstas del ACV, incluyen:

- A. Sistemas de gestión ambiental y la evaluación del desempeño ambiental.
- B. Etiquetado ambiental y declaraciones ambientales.
- C. Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto.
- D. Inclusión de aspectos ambientales en normas de productos.
- E. Comunicación ambiental.
- F. Cuantificación, seguimiento e informe de emisiones y la captura de Gases de Efecto Invernadero (GEI), junto con la validación y certificación de emisiones.

La unidad funcional, en el tema a analizar, es 1 m<sup>3</sup> de agua para las dos soluciones planteadas, por lo tanto, todos los impactos a determinar en ambas alternativas de planificación (Integración y situación actual), se basan en esa Unidad Funcional.

A modo de ejemplo práctico, los impactos se determinan como cantidad de GEI (tn) generados/m<sup>3</sup> de agua.

El objetivo de un ACV coincide, para las categorías de impacto e interés, con las mismas categorías respecto de un combustible de tipo convencional. A continuación, se enumeran las 11 categorías de impacto de mayor relevancia:

1. Calentamiento global.
2. Uso del suelo.
3. Acidificación.
4. Agotamiento de los recursos.
5. Eutrofización.
6. Efecto cancerígeno.
7. Ecotoxicidad.
8. Radiación ionizante
9. Reducción de la capa de ozono.
10. Efectos respiratorios de los componentes orgánicos.
11. Efectos respiratorios de los componentes inorgánicos.

Para el caso en estudio, se propone efectuar un Análisis de Ciclo de Vida para la situación actual (sin proyecto) y la situación futura, proponiendo un período de diseño superior a los 25 años.

En la estimación sin proyecto, vale decir, la situación actual de la localidad de Añelo, la extracción de agua para consumo se lleva a cabo por medio de perforaciones, y para la actividad industrial, se transporta mediante carretera por camiones.

La situación con proyecto es la alternativa planteada para un abastecimiento integrado de actividades de hidrofracturación y aprovisionamiento urbano.

Para el caso de Argentina, existen valores de impactos generados en el ciclo de vida en el transporte por carretera, más específicamente, en un camión.

Vale analizar cada una de las categorías de impactos planteadas en el inicio del presente apartado (1. Calentamiento global, 2. Uso del suelo, 3 Acidificación, etc.), aunque dadas las limitaciones planteadas en el presente trabajo de investigación, un riguroso análisis excedería los tiempos de ejecución del mismo.

En el caso estudiado, es crucial analizar el impacto del transporte en su ciclo de vida, considerando como punto de relevancia, las emisiones de CO<sub>2</sub>, tal como se observa en la Imagen 17. En la misma, se aprecian las mayores contribuciones originadas a partir del consumo de los medios de transporte Diesel.

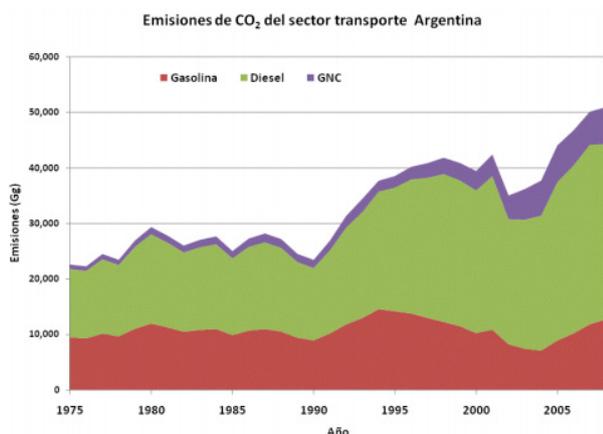


Imagen 17. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Gg, entre los años 1975 y 2009, según el tipo de combustible, para el sector del transporte. UTN, 2010

Asimismo, en base al estudio ofrecido por la Universidad Tecnológica Nacional (2010), donde se presenta una evaluación crítica de las oportunidades de mitigación para el sector de transporte en la Argentina, se determinan los impactos en una de las categorías para la situación actual, donde gran parte del agua destinada a la actividad industrial, se transporta mediante camiones.

Las emisiones vehiculares pueden cuantificarse, para cada contaminante y sector del transporte, mediante un cálculo simple, derivado de la siguiente expresión:

$$E = N \times F \times L$$

Donde "E" (g/por unidad de tiempo) asigna la emisión total para un tiempo considerado; "N" es el número de vehículos circulantes en ese período, "F" conforma el factor de emisión promedio para un determinado contaminante (g/kg por vehículo), y "L" es la distancia media recorrida por vehículo.

Tal como plantea el estudio de la UTN (2010), la necesidad de reducir el número de viajes (N), implica, tanto una disminución de los vehículos, como la reducción del número de viajes.

En el caso del transporte urbano, algunas medidas para disminuir este factor son: a) incentivar y mejorar el transporte público; b) aumentar la tasa de ocupación del vehículo particular; y c) coordinar los horarios laborales con la demanda del transporte y el uso del vehículo particular.

En el caso de estudio, si se disminuye el número de viajes para el traslado de agua a pozo de hidrofracturación, mediante el transporte del agua a través de un acueducto, se reducirían parte de los impactos. Utilizando el factor de emisión propuesto por MAPAMA (2012), se formaliza una estimación de las emisiones de diversos tipos de contaminantes. En las Tabla 11 y 12, se presentan las estimaciones realizadas para el CO<sub>2</sub>, principal gas de efecto invernadero.

Las mencionadas estimaciones, buscan comprobar la aplicación de una de las categorías del Análisis de Ciclo de Vida, en este caso, la fase de operación de un sistema, y para obtener valores precisos es necesario contar con detalle de la flota de transporte (modelo y año de camiones, tipos de combustible, distancia recorrida, etc.).

En la Tabla 11 se observa que, para una distancia de transporte promedio de 75 km, se obtienen valores de emisiones estimados en 33.119 tn de CO<sub>2</sub>, pero si se acortan las distancias de traslados, implementando el sistema de acueductos propuestos, estas emisiones podrían reducirse a 6.623 tn.

Como se advierte en la Tabla 12, el impacto es absolutamente proporcional a la distancia de traslado. Toda deducción en sintonía con la planteada, significaría la reducción de emisiones, en este caso, de hasta un 80%, acarreado un beneficio de limitación de otros tipos de contaminantes.

Cantidad de operaciones a abastecer en simultáneo (pozos)	Nº de viajes diarios en camión (N)	Nº de viajes en camión (N)	Distancia L (km)	Fe (gCO <sub>2</sub> /km)	E (g/año)	E (tn/año)
10	559	203877	75	722	1.104E+10	11039.93
20	1117	407754	75	722	2.208E+10	22079.86
30	1676	611631	75	722	3.312E+10	33119.79
Proyección SIPPE	1000	365000	75	722	1.976E+10	19764.75

Tabla 11. Estimación de emisiones en el transporte de agua a pozo, situación actual

Cantidad de operaciones a abastecer en simultáneo (pozos)	Nº de viajes diarios en camión (N)	Nº de viajes en camión (N)	Distancia L (km)	Fe (gCO <sub>2</sub> /km)	E (g/año)	E (tn/año)
10	559	203877	15	722	2.208E+09	2207.986
20	1117	407754	15	722	4.416E+09	4415.972
30	1676	611631	15	722	6.624E+09	6623.958
Proyección SIPPE	1000	365000	15	722	3.953E+09	3952.95

Tabla 12. Estimación de emisiones en el transporte de agua a pozo, situación futura, con propuesta de planificación

### Análisis de diseño axiomático de las propuestas

Un diseño axiomático conforma una metodología de diseño de sistemas la cual aplica métodos matriciales para analizar, sistemáticamente, la transformación de las necesidades de un proyecto o producto, en requisitos funcionales, parámetros de diseño y variables de proceso.

En síntesis, los Requisitos Funcionales (RF) permanecen relacionados con los Parámetros de Diseño (PD).

El diseño axiomático constituye un método capaz de abordar las cuestiones fundamentales en los métodos Taguchi (N.P. Suh, 2001).

En otras palabras, el diseño axiomático canaliza una herramienta para analizar, de forma matricial, diferentes alternativas de diseño, colaborando con la toma de decisión y descarte de las mismas, planteando un conjunto de restricciones.

La metodología fue desarrollada por el Dr. Suh Nam Pyo, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en su Departamento de Ingeniería Mecánica, a partir del año 1990. El método obtiene su nombre del uso de los principios de diseño o axiomas del diseño (es decir, dado sin pruebas), los cuales rigen el análisis y la toma de decisiones en el desarrollo de productos de alta calidad o diseños de sistemas.

Los dos axiomas aplicados en el Diseño Axiomático (DA), son los siguientes (N.P. Suh, 2005):

**Axioma 1:** El axioma de la independencia. Mantiene la independencia sobre los Requisitos Funcionales (RF).

**Axioma 2:** El axioma de la Información. Minimiza el contenido de información del diseño. Existen cuatro dominios en el mundo del diseño: Dominio del usuario, dominio funcional, dominio físico y dominio del proceso.

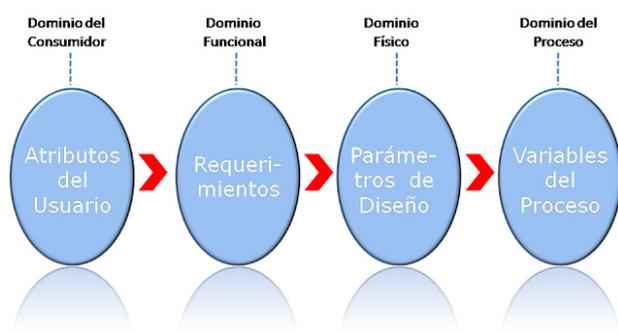


Imagen 18. Metodología Axiomática basada en la determinación del diseño (N.P. Suh, 2001)

Con el objetivo de proponer un análisis de Diseño Axiomático (evaluación de soluciones), y desarrollar el estudio de un proyecto de planificación de ingeniería, las etapas planteadas en este trabajo serán las siguientes:

- i. Descripción del problema.
- ii. Enunciado del reto.
- iii. Lista de necesidades y requisitos.
- iv. Parámetros de diseño para las soluciones planteadas.
- v. Matrices.
- vi. Análisis de resultados.

A continuación, se detallan cada uno de los ítems mencionados:

**Descripción del problema:** Tal como se mencionó previamente, son cuatro los componentes que forman

parte de los temas a analizar, con miras a plantear un problema, desde el punto de vista del diseño axiomático, para el empleo de los recursos hídricos en la integración de las actividades de hidrofracturación con el abastecimiento urbano. La localización de los componentes de análisis se presentó previamente, describiéndose cada uno de ellos a continuación:

- A. El río Neuquén, fuente superficial para las actividades de hidrofracturación;
- B. La localidad de Añelo, la cual se abastece de perforaciones subterráneas del subálveo del Río Neuquén;
- C. La explotación de petróleo no convencional, denominada Loma Campana;
- D. El embalse Los Barreales, potencial fuente de abastecimiento de agua.

**Enunciado del Reto:** El reto es un punto clave en la determinación de un análisis de diseño axiomático, por lo tanto, el enunciado del reto es el siguiente: “Abastecer de agua una actividad industrial (hidrofracturación) y una ciudad en desarrollo, de forma controlada”.

**Necesidades Funcionales (NS):** A continuación, se mencionan las necesidades funcionales, varias de ellas identificadas en las etapas previas del trabajo:

- > Disponer de agua para hidrofracturación.
- > Disponer de volumen controlado.
- > Disponer de agua para la localidad de Añelo.
- > Disponer de volumen y calidad.
- > Transparentar el uso y administración del recurso hídrico.
- > Control social.
- > Responder a las proyecciones futuras de demandas de la actividad industrial, y administrar y disponer los recursos hídricos.
- > Generar beneficios económicos.
- > Implementar desarrollos tecnológicos.
- > Generar beneficios ambientales, operacionales y logísticos.
- > Calidad de los servicios.

**Requisitos Funcionales (RF):** Son aquellas necesida-

des funcionales sin dependencias entre ellas. De un análisis efectuado se seleccionan las siguientes para cada solución.

- > RF1: Disponibilidad de agua para la localidad de Añelo.
- > RF2: Disponibilidad de agua para hidrofracturación.
- > RF3: Control de volumen y calidad del agua.
- > RF4: Tiempo y previsibilidad del abastecimiento.

La descripción de los RF seleccionados implica:

**RF1:** Disponibilidad de agua para la localidad de Añelo: Se refiere al volumen de agua necesario, tanto para las condiciones actuales como para las futuras.

**RF2:** Disponibilidad de agua para hidrofracturación: Se refiere al volumen de agua necesario para los pozos a perforar.

**RF3:** Control de volumen y calidad: Se refiere a la cuantificación precisa del agua empleada en cada actividad.

**RF4:** Tiempo y viabilidad del abastecimiento: Se refiere a la forma de gestionar el recurso hídrico, mediante la planificación del abastecimiento.

**Soluciones planteadas, parámetros de diseño:** El objetivo del presente apartado radica en efectuar un ejercicio de planificación para la optimización de los recursos hídricos, potenciando el diseño axiomático, por ende, no se ahondará en conceptos de proyecto de ingeniería de las alternativas de abastecimiento planteadas.

A continuación, se describen los parámetros de diseño para las dos soluciones planteadas:

**Solución A: Sistemas separados (Camiones y acueducto para la localidad de Añelo):**

- > SA1: Sistema de Transporte: Camiones.
- > SA2: Modo de transporte: Carretera.
- > SA3: Toma de agua: Bombeo en río.

- > SA4: Energía para camiones (Combustibles).
- > SA5: Sistema de Transporte: Conductos.

**Solución B: Sistema integrado (Sistemas de acueductos):**

- SB1: Sistema de Transporte: Conductos.
- SB2: Toma de agua: Bombeo en río y estaciones de bombeo.
- > SB3: Energía para bombeo: Eléctrica.

**Restricciones**

A cada solución existe un conjunto de restricciones, las cuales, dada la simplificación efectuada para el análisis axiomático, se resumen en las siguientes:

- > Tránsito limitado en carreteras, si no se construye la infraestructura vial adecuada.
- > Traza de los acueductos.
- > Limitaciones ambientales.

**Matrices: Análisis de soluciones:** En la primera etapa del análisis axiomático, se plantean las matrices de transferencia. A continuación, se presentan las mismas para cada una de las soluciones.

**Solución A:**

RF1	X	X	0	X	SA1: Bombeo en río
RF2	X	X	X	0	SA2: Conductos
RF3	X	X	0	0	SA3: Estaciones de bombeo
RF4	0	0	0	X	* SA4: Camiones de corta distancia

**Solución B:**

	1	2	3	4	5	6	
RF1	0	0	X	0	X	X	SB1: Camiones
RF2	X	X	X	X	0	0	SB2: Carretera
RF3	X	X	X	X	X	X	SB3: Bombeo en río
RF4	X	X	X	X	X	X	SB4: Energía Camiones
-							SB5: Conductos de agua
-							SB6: Energía eléctrica

### **Análisis de resultados y conclusión de la metodología:**

En la alternativa A, la mejora a la solución radica en disminuir el número o dimensión de las estaciones de bombeo, tendiendo a una matriz diagonal. La alternativa A posee un carácter lineal, al conformar los acueductos el principal medio de transporte del líquido, por ello, en la matriz se refleja un gran número de dependencia difícilmente mejorable. La alternativa B posee más parámetros de diseño, al presentar la complejidad de tránsito mediante camiones, volviendo más complicado el análisis axiomático.

Del estudio efectuado se desprende que las soluciones lineales u operables, desde un punto de control, son mejores en relación con las que no lo son.

En el presente trabajo se comprueba que la linealidad de una obra controlada, como lo es un acueducto, desde el punto de vista de la sostenibilidad, posee mejores características respecto del transporte mediante camiones.

En un primer análisis, la alternativa A, resulta mejor en comparación con la alternativa B, desde el punto de vista de las matrices de transferencia.

Los sistemas de acueductos, para los fines planteados, conforman la mejor solución si se los contraponen con alternativas más flexibles, como lo son la distribución a partir de camiones de larga distancia y con una visión a largo plazo.

## **CREACIÓN DE UNA COMPAÑÍA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

### **Generalidades**

En función del análisis de planificación llevado a cabo, se propone la creación de una compañía de abastecimiento integrado de agua, la cual podría regir bajo el modelo de Sociedad Anónima con Participación Estatal

Mayoritaria, a partir de un 51% de inversión por parte del Estado, tanto provincial como municipal; y un 49% de capitales privados, provenientes de las compañías petroleras beneficiarias del recurso hídrico. De forma hipotética, se plantea la creación de la Compañía Mixta de Agua Añelo CMAA-SAPEM, con Participación Estatal Mayoritaria, la cual deberá gestarse desde una decisión política y con el debido tratamiento de los procedimientos administrativos.

La Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria (SAPEM), según se establece entre los arts. 308 a 314, LSC, Ley 19550 (Ministerio de Justicia de la Nación, 1984), menciona: “se constituye cuando el Estado nacional, los estados provinciales, los municipios, los organismos estatales legalmente autorizados al efecto o las sociedades anónimas con participación estatal mayoritaria, sean propietarios en forma individual o conjunta del 51% del capital social, y de tal manera de ser suficientes para prevalecer en las asambleas ordinarias y extraordinarias. LSC: Ley de sociedades comerciales”.

El autor Halperín & IAPG, (2014) plantea: “estas sociedades responden a la necesidad de que el Estado tome participación activa en empresas cuyo desarrollo reviste, preponderantemente, interés público o en donde la aplicación del capital privado, en un momento determinado, satisface la policía de propiedad (art. 67, inc. 16, Constitución Nacional) (conf. “Sociedades Anónimas”, p. 733, núm. 3, ed. 1978), más ello no las aparta de su sometimiento al ordenamiento societario mercantil como regla ineludible”. En el sentido que plantea Halperín, en el caso a analizar, una sociedad encargada de administrar los recursos hídricos, debe ser impulsada por el Estado, siendo su principal accionista.

Además del abastecimiento integrado de agua, y con miras a efectuar una planificación urbana y regional sostenible, la compañía podría ampliarse, por ejemplo, al tratamiento de efluentes domiciliarios e industriales, operación de plantas de tratamientos, reutilización de flowback de hidrofracturación, etc.

### Compañía Mixta de Aguas Añelo - SAPEM

La creación de una compañía constituye un proceso complejo, donde intervienen un gran número de factores para concretar el proyecto. Tal como se ha mencionado previamente, las SAPEM se rigen bajo las normativas correspondientes, como es el caso de la Ley de Sociedades Comerciales. Por otro lado, tal como existe en dos casos de SAPEM de la provincia de Neuquén, las mismas nacen bajo la decisión política del Poder Ejecutivo.

Ante la necesidad de disponer y administrar los recursos hídricos, al menos con dos usos determinados, es que el Estado debe tomar participación activa, al configurar un

caso preponderantemente de interés público, además de intervenir capital privado (Halperín & IAPG, 2014).

En este caso, una sociedad la cual administre los recursos hídricos debe ser impulsada por el Estado, siendo su principal accionista el Estado provincial, como se presenta en el esquema de la Imagen 19.

En ese mismo esquema, se presentan los servicios a brindar, como así también, los beneficios desde el punto de vista económico, con reinversión del sector privado y distribución del sector público.

Dichos conceptos concuerdan con lo expuesto por la empresa Aguas del Colorado SAPEM.



Imagen 19. Esquema de accionistas y servicios de una compañía mixta

## Pilares de la planificación en la gestión del abastecimiento de agua

Para una correcta gestión de una compañía encargada de la administración de los recursos hídricos, para los fines mencionados en el presente trabajo, las bases de las mismas pueden clasificarse en cuatro categorías:

- > Base Técnica: Una concepción capaz de optimizar el balance entre el uso del suelo y las obras, desde la estrategia y la planificación, seguido de un programa de proyectos y un presupuesto detallado.
- > Base Financiera: Flujo predecible de ingresos para financiar el presupuesto con cargos a usuarios, recursos fiscales y otros.
- > Marco legal e Institucional: En cada nivel nacional, provincial y local para definición de políticas, gestión y asignación de recursos e incentivos (bajo principio de subsidiaridad).
- > Viabilidad Social y Política: Programa de comunicación estratégica; instrumentos de participación y rendición de cuentas.

## Posibles accionistas

Se plantean, de modo previsional, los posibles accionistas integrantes de la mencionada propuesta, considerando la normativa existente, tal como se menciona en la Ley de Sociedades Comerciales. Por otro lado, podrá existir una inclusión posterior (Art. 309), por ende, algunos de los principales accionistas se presentan a continuación:

- > Gobiernos de la provincia de Neuquén, a través del EPAS.
- > Municipio de Añelo, y otros localizados dentro del área de concesión, como, por ejemplo, Rincón de los Sauces.
- > Sociedad Civil.
- > Empresas y operadoras petroleras, tal como se plantea en el proyecto de Red Azul.
- > Prestadoras de servicios.

## Futuros servicios e inversiones

En función a lo planteado para los casos analizados de SAPEMs en Argentina, estas tienen la capacidad de ampliar sus rangos de servicios, por ello, a continuación, se presentan alternativas para el caso de análisis:

- > Abastecimiento de agua a otras localidades. Rincón de los Sauces, pueblos de pequeñas dimensiones, emprendimientos inmobiliarios privados, entre otros.
- > Tratamiento de efluentes urbanos e industriales.
- > Desarrollo de proyectos de energías renovables en la zona.
- > Ampliación del abastecimiento a otros yacimientos, tal como se muestra en la Imagen 20, donde se observa la metodología empleada previamente, a modo ejemplificador de una red de acueductos.
- > Ampliación a proyectos de riego. Tal como plantea (FAO, 2017) la microrregión muestra una capacidad para un riego potencial de 5.000 hectáreas, aunque actualmente, solo se riegan 500 ha.

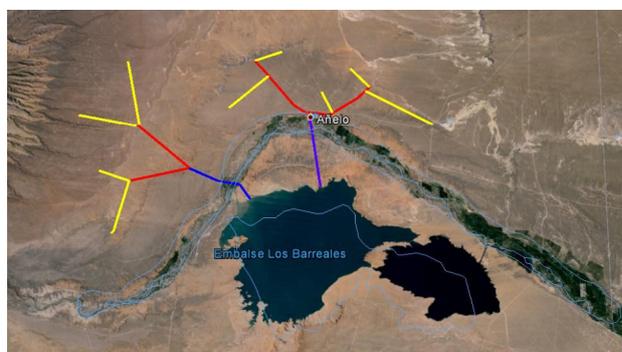


Imagen 20. Ampliación de abastecimientos de agua y actividades hidrocarburíferas

## Esquema de Modelo de Gestión de Compañía Mixta

En la Imagen 21 se presenta un modelo moderno de gestión para el agua urbana, presentada por el consultor Abel Mejía en el evento “Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en Áreas Urbanas”, ciudad Autónoma de

Buenos Aires, septiembre de 2014, organizado por el Banco Mundial, Argentina.

En el esquema presentado, se pueden observar todos los componentes mencionados previamente, los cuales resultan fundamentales de ser considerados en una gestión.



Imagen 21. Modelo de Gestión de Compañía de Agua Moderna (Mejía, A. 2014)

El esquema presentado, puede adaptarse al caso de Añelo, donde las compañías petroleras del sector privado juegan un rol clave en un futuro esquema de gestión de una compañía de agua, tal como se propone en la Imagen 22.



Imagen 22. Modelo de Gestión de Compañía de Agua Moderna, integración del sector privado

## FINANCIAMIENTO PARA INVERSIONES

### Alternativas de financiamiento

Tal se observa en la Imagen 23, y plantea CAMARCO (2012), las fuentes de financiamiento para el sector público, semipúblico y sector privado, son diversas.

Los tres sectores se enfocan en un fin común: Obras de infraestructuras, visión desarrollistas y funciones de gobiernos. En el tema y caso a analizar, esas tres concepciones se entrelazan, siendo el abastecimiento de agua para la sociedad, y a su vez, una necesidad para el desarrollo de actividades industriales, las cuales podrían devenir en el autoabastecimiento energético del país.

En base a los citados motivos, en la presente Tesis se plantea un esquema de financiamiento y sostenimiento del sistema de abastecimiento desde una visión del sector semipúblico.

Se propone que la sociedad para el abastecimiento de agua permanezca conformada por el sector público, como ser, el municipal y provincial, y por el sector privado, correspondiente a las empresas de agua las cuales provén los recursos hídricos para las actividades hidrocarbúricas.

### Alternativas de Financiamiento

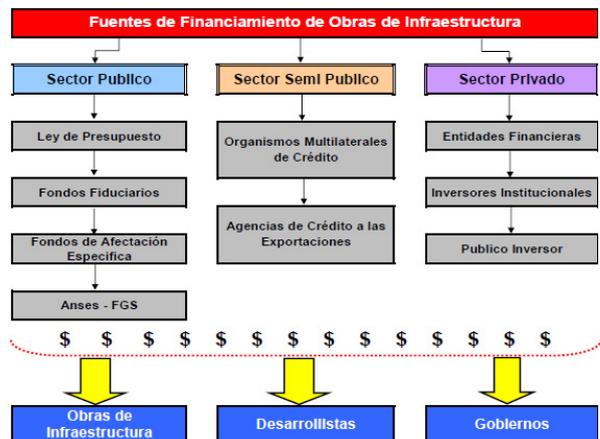


Imagen 23. Alternativas de financiamiento (CAMARCO, 2012)

Asimismo, y tal como plantea (BID, 2016), son tres las principales fuentes de financiamiento para llevar a cabo la infraestructura urbana, de las cuales disponen los gobiernos municipales:

- (i) ingresos propios;
- (ii) transferencias intergubernamentales; y
- (iii) financiamiento privado.

Para efectuar cualquier tipo de propuesta de financiamiento, más siendo la planificación dependiente de cuantiosas variables, en el (PET, 2016), se realiza una importante afirmación: “Si bien los diversos factores en juego hacen imposible predecir un escenario de futuro certero, si la competitividad del shale argentino se mantiene, cobrará una significativa importancia, tanto a nivel regional, por las transformaciones socio-territoriales que implicará su explotación, como a nivel nacional, por los efectos positivos generados sobre la balanza de pagos y, consecuentemente, sobre el desarrollo de la economía del país”.

Debido a eso, a pesar de esta imprevisibilidad, es necesario proyectar escenarios capaces de aportar conoci-

miento con ciertos márgenes de probabilidad, permitiendo así prever y operar sobre las transformaciones que, en esta etapa inicial de crecimiento, tienen lugar en la actualidad (PET, 2016).

Introduciendo modificaciones en el conjunto de obras a financiar, planteando una producción multipropósito de agua, los costos de las obras y la posterior operación pueden llegar a obtener beneficios, tanto sociales en la minimización de conflictos, como así también económicos. En el caso de Añelo, existen obras a ser financiadas por el fondo YPF-BID.

El esquema de inversión preliminar, en función de la propuesta efectuada y del conocimiento relevado gracias a la recopilación de antecedentes, se presenta en la Imagen 24, destacando la retroalimentación existente en el financiamiento de la compañía, a través de la ampliación de los diversos servicios originados ante la necesidad de expansión. Por otro lado, la elaboración de los proyectos resulta ser fundamental para conocer, a largo plazo, los montos a destinar, elementales para la planificación regional y urbana en un específico horizonte de tiempo.

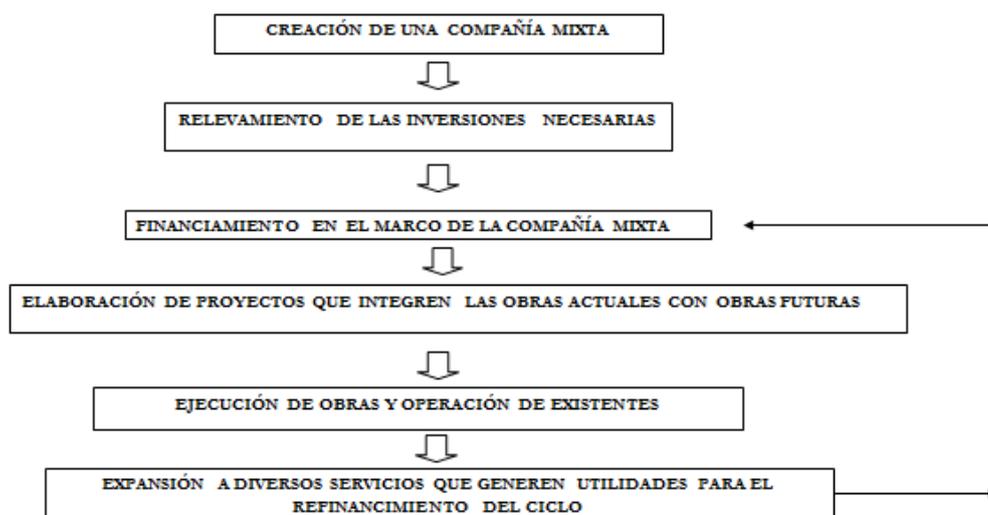


Imagen 24. Esquema de inversión preliminar

Tal como manifiesta (Grigg, 2010): “La infraestructura no es sólo un bien público o un bien privado; los sistemas de infraestructura sirven a los fines públicos y privados, y siempre será difícil establecer una línea delgada entre los servicios que se pueden financiar a través de la elección del consumidor y los que requieren mandatos y subsidios gubernamentales. Esta yuxtaposición representa un reto para los sistemas políticos y económicos”.

Este desafío permanece presente en el tema del abastecimiento de agua, tanto en el caso de análisis, como en diversas situaciones donde existen conflictos en materia hídrica y social, demandantes de ser superados.

### Actores del financiamiento

A continuación, se presentan posibles actores de financiamiento, integrantes del caso de análisis, los cuales podrían ser más, debido a las limitaciones del presente trabajo. Estos son:

- > YPF y Compañías que forman parte de acuerdos estratégicos.
- > Otras compañías petroleras.
- > GyP de Neuquén SA.
- > Estado Provincial.
- > Municipalidad de Añelo.
- > Futuros Consorcios de Regantes.
- > Fideicomiso Financiero.
- > Fideicomiso YPF.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones del tema

1. Las hipótesis presentadas han sido contrastadas a lo largo del trabajo, mediante la recopilación y el análisis de una variada información nacional e internacional, mediante el desarrollo de propuestas en el sector. Las mismas son:

- > Si se planean alternativas para el abastecimiento de

agua, tanto para una localidad, como para las actividades económicas demandantes de los recursos hídricos, entonces, será más eficiente y sostenible el uso del agua en una región.

> Si se mejoran las diferentes acciones propuestas en los planes existentes, en ciudades con desarrollo de actividades de hidrofracturación, en lo referidas a infraestructura de agua, por ende, se podría optimizar la integración de los usos.

> Si se efectúa una comprensión del funcionamiento integral, con una clara noción de la interdependencia de los distintivos factores, entonces, el análisis propuesto se podría aplicar a otros sitios con similares características.

2. Las propuestas de planes existentes en ciudades con desarrollo de actividades de hidrofracturación, en lo referidas a infraestructura de agua, considerarán como alternativa la integración con la industria, al menos, de forma parcial. Solo la planificación, y no la acción a demanda, optimizará el uso de los recursos.

3. La experiencia internacional demuestra que una de las formas de optimizar los recursos, radica en la creación de compañías mixtas, con acuerdos de participación pública-privada, capaces de acotar los conflictos entre ambos sectores.

4. En el tema analizado, donde el fin es optimizar los recursos hídricos, el Estado debe mostrar una actuación preponderante para garantizar el abastecimiento de agua a la población actual y las generaciones futuras, sin que el desarrollo de una industria interfiera de manera negativa en el progreso de la sociedad.

5. Los tiempos de ejecución de las obras de infraestructura, serán acordes a la explosión de un fenómeno de desarrollo industrial.

6. El Análisis de Ciclo de vida conforma una herramienta apropiada para la evaluación de proyecto, siendo una acción laboriosa, enfocada a los impactos de un proyecto.

7. El diseño axiomático constituye una herramienta apropiada para el análisis de los proyectos de planificación donde intervienen diferentes aspectos, como son las necesidades funcionales observadas en el presente trabajo.

### Conclusiones del caso: Añelo y Vaca Muerta

1. Las alternativas presentadas para el abastecimiento de agua, tanto para una localidad, como para las actividades económicas demandantes de los recursos hídricos, harán más eficiente y sostenible el uso del agua en una región, siendo consensuadas con la sociedad y los sectores de poder. A raíz de la recopilación de información referida a la planificación urbana y optimización del uso de los recursos hídricos, se comprueba la necesidad de estudiar las propuestas planteadas en la presente Tesis.

2. En los casos donde existe una competencia, o superposición del uso de un insumo, como es en el presente caso de los recursos hídricos, debe valorarse, tal como se hizo en el presente trabajo, la cuantía del recurso en cuestión. Se determinó que, para el período de diseño de un proyecto de abastecimiento urbano de agua, el 20% del consumo deriva en el abastecimiento de la población, y 80% para la actividad industrial, siendo, aproximadamente, de un 40% en los primeros períodos. Referido a este punto, se destaca la dificultad para determinar el volumen de agua consumido en actividades de hidrofracturación, principalmente, por la proyección de equipos de perforación y el área de cobertura de las explotaciones.

3. Con la alternativa de planificación planteada, se reducen, al menos, 1.400 viajes de larga distancia, destinando los traslados de corta distancia desde la boca de expendio a boca de pozo.

4. Si se efectúa una comprensión del funcionamiento integral, con una clara noción de la interdependencia de los distintivos factores, entonces, el análisis propuesto se podría aplicar a otros sitios con similares características.

5. Desde el punto de vista de la planificación del abastecimiento urbano, en una localidad como es el caso de Añelo, presentará un tratamiento especial, debido al gran crecimiento presente y futuro, por causa de una actividad demandante de elevados volúmenes de agua.

6. La identificación de posibles accionistas, en proyectos donde interviene una cierta infraestructura, resulta elemental para una adecuada planificación urbana, la cual se ve afectada por el desarrollo de una actividad industrial de rápida acción, como lo es la hidrocarburífera.

7. La posibilidad de abastecer de agua cruda a la actividad industrial, y a su vez, de capitalizar la oportunidad de llevar a la infraestructura a una zona urbana, con el objetivo de ser potabilizada y brindada a la población, posee un potencial, que, desde el punto de vista de la planificación, requiere ser valorado, surgiendo así la propuesta planteada.

8. Existen a nivel nacional y provincial empresas del sector con participación público-privada y SAPEMS, que corroboran la tendencia o la capacidad de éxito de la generación de una compañía responsable de administrar los recursos hídricos en la actividad hidrocarburífera y de abastecimiento urbano, como es el hipotético caso planteado, de una "Compañía Mixta de Agua Añelo CMAA SAPEM".

9. Las alternativas de financiamiento del sector público constituyen un medio viable, con los recaudos necesarios, como lo son los casos presentados.

### Recomendaciones

1. El sector de abastecimiento de agua, debe ser considerado como uno de los pilares del desarrollo urbano, tanto como el industrial, dado que este último impulsa el crecimiento, como el verificado en Añelo.

2. Continuar el desarrollo de las propuestas efectuadas en la presente Tesis, por parte de planificadores de distintas especialidades, como economistas, contadores,

ingenieros, arquitectos, entre otros partícipes, dado que los problemas propios de la planificación muestran soluciones de diversas índoles.

3. Deberá prevalecer el diálogo entre los sectores productivos, de gobierno y la sociedad civil, con miras a optimizar el uso de los recursos hídricos.

4. Realizar un Análisis de Ciclo de Vida de las propuestas planteadas, con miras a comprender los impactos a largo plazo, como herramienta de planificación y decisión.

5. Considerar el diseño axiomático como una alternativa de toma de decisión para el análisis de proyectos de planificación.

## → ACERCA DE LA MAESTRÍA

### Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

*Carrera cooperativa desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Tecnológica Nacional (Facultades Regionales Avellaneda, Pacheco y Buenos Aires) y el Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC).*

*Acreditada por la CONEAU (Resolución N° 164/21).  
Resolución Ministerial con Validez Nacional (Resolución 1593-20).*

#### **DIRECTORES:**

**DIRECTOR ACADÉMICO: Dr. Ing. Alejandro J. Sarubbi.**

**DIRECTOR EJECUTIVO: Mg. Ing. José M. Regueira.**

#### **REQUISITOS DE ADMISIÓN:**

*Ingenieros Civiles, Ingenieros en Construcciones, Ingenieros Viales, Ingenieros Hidráulicos, Ingenieros en Vías de Comunicación, Ingenieros Agrimensores, Agrimensores, Arquitectos, y otros títulos de disciplinas afines.*

*La admisión de los aspirantes estará sujeta al análisis de los antecedentes académicos y profesionales, y su compatibilidad con los contenidos de la carrera, por parte del Comité Académico.*

*Los aspirantes podrán realizar su preinscripción en el Consejo Profesional de Ingeniería Civil.*

*Resulta necesario presentar: Título de grado legalizado (se admitirá título en trámite para egresados de las Facultades de la UTN y UBA), apostilla de La Haya (sólo para estudiantes recibidos en otro país), certificado analítico y Curriculum Vitae.*

#### **OBJETIVOS DE LA MAESTRÍA:**

- *Formar profesionales capaces de intervenir en la planificación y gestión de la ingeniería urbana.*
- *Comprender la problemática del funcionamiento integral de las grandes ciudades, con una clara noción de la interdependencia de los distintos factores concurrentes.*

- Alcanzar una cosmovisión integral de la compleja interdependencia de los factores que inciden en la calidad de vida del habitante de una ciudad.
- Participar en el planeamiento, implementación y gestión de las obras de índole urbana, con criterio transdisciplinario y una visión de sustentabilidad.
- Dominar conceptos e instrumentos avanzados a fin de adaptarse a la dinámica de cambio del sector.
- Propender al desarrollo de todos los aspectos de la ingeniería urbana, generando y manteniendo actividades de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el área.
- Desempeñarse con idoneidad y responsabilidad social, en la esfera de la ingeniería urbana, en niveles directivos del ámbito público o privado.

### **PERFIL DEL GRADUADO:**

El profesional egresado de la Maestría estará especialmente preparado para:

- Desarrollar procesos de investigación en áreas específicas de planeamiento y gestión.
- Planificar, coordinar, evaluar proyectos, implementar y gerenciar programas de desarrollo urbano que integran la infraestructura de las grandes ciudades, teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales.
- Participar en equipos multidisciplinarios, con la capacidad y disposición para integrar sus propios saberes a los de las otras disciplinas intervinientes.
- Diseñar y desarrollar alternativas tecnológicas, de procedimientos y de mejoramiento que favorezcan el desarrollo sostenible y generen una mejora de la calidad de vida en la ciudad, optimizando la utilización de los recursos.
- Gerenciar proyectos adecuados social y ambientalmente en instituciones públicas o privadas dedicadas al planeamiento, diseño, construcción, y promoción del hábitat urbano.
- Participar en el análisis y evaluación de proyectos, su gestión e implementación, y desenvolverse adecuadamente y con eficacia en organizaciones dedicadas a la gestión urbana.
- Asesorar a instituciones públicas o privadas en la implementación de soluciones técnicas, ambiental y socialmente apropiadas.

**MODALIDAD DE CURSADA:**

*Presencial, cursada regular. Los seminarios y cursos de la Maestría tienen una duración variable y se dictarán los días martes y jueves, de 18 a 22 horas, desde marzo a diciembre de cada año. Se cursará en la Sede del CPIC: Alsina 424, 7° piso, ciudad de Buenos Aires.*

**DURACIÓN:**

*Dos años de cursado.*

**PROCESO DE INSCRIPCIÓN:**

*Preinscripción por mail a: **maestria@cpic.org.ar***

*Se debe presentar digitalmente la documentación necesaria para coordinar un horario de Entrevista de Admisión.*

**MÁS INFORMACIÓN:**

**<https://www.ingenieriaurbana.com.ar/>  
[maestria@cpic.org.ar](mailto:maestria@cpic.org.ar)**

## → ACERCA DE LOS AUTORES

### 01. Fabio M. Petrecca

*Ingeniero Civil, graduado en la Universidad de Buenos Aires, en el año 1997. Especialista en Higiene, Seguridad y Protección Ambiental, egresado de la Universidad Católica Argentina, en el año 2005. Es Magíster, desde el mes de diciembre de 2019, de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana (UBA-UTN-CPIC).*

*Se desempeña profesionalmente como Auxiliar de la Justicia, en los fueros Civil, Criminal y Correccional Federal, Contencioso Administrativo, Comercial y Laboral, interviniendo como Perito Judicial designado por el magistrado actuante.*

*En forma independiente, realiza trabajos de Consultoría sobre mantenimiento edilicio y en obras con vicios constructivos.*

*Ha dictado cursos de capacitación sobre Higiene, Seguridad y Protección Ambiental, para el personal de diferentes empresas y establecimientos.*

### 02. Dayana M. Pulido

*Ingeniera Civil, graduada en la Universidad Piloto de Colombia, en el año 2014. Es Magíster, desde el mes de octubre de 2018, de la Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana (UBA-UTN-CPIC).*

*Certificada en Mitigación y Adaptación al cambio Climático a nivel Local por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), y en Eficiencia energética en municipios de América Latina por The Copenhagen Centre on Energy Efficiency y La Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático, entre otros.*

*Ha sido investigadora universitaria y ejercido la profesión desde el sector público en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, Infraestructura y vías para la gobernación de Cundinamarca, Colombia.*

*De manera independiente, y en firmas privadas, desempeñó consultoría y dirección de proyectos inherentes a la Planificación Territorial, gestión del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático, saneamiento, acueductos y vivienda, entre otros, en Colombia, Argentina y España.*

### 03. Enzo Andrés Vergini

*Es Ingeniero en Recursos Hídricos graduado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, en marzo del año 2013. Posee un Máster en Ingeniería Ambiental por la Universidad Politécnica de Madrid, desde octubre de 2017, y es Magíster en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana (UBA-UTN-CPIC), desde octubre de 2018.*

*Ha ejercido la profesión en el ámbito de los recursos hídricos en diversas provincias y organismos de la República Argentina, como así también, a nivel internacional. Actualmente, se desempeña en el Consejo Federal de Inversiones, en su sede de la ciudad de Buenos Aires.*

*En el espacio académico, fue docente de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, y actualmente, es docente en el Instituto Universitario del Agua y el Saneamiento (IUAS), habiendo participado anteriormente en proyectos de investigación en diversas instituciones, como el Instituto Nacional del Agua, la Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad Politécnica de Madrid.*

→ **AUTORIDADES DEL CONSEJO  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PRESIDENTE**

**Ing. Civil Luis Enrique Perri**

**VICEPRESIDENTA**

**Ing. en Construcciones Alejandra Raquel Fogel**

**SECRETARIO**

**Ing. Civil Ignacio Luis Vilaseca**

**PROSECRETARIO**

**Ing. Civil Jorge Ernesto Guerberoff**

**TESORERO**

**Ing. Civil José María Girod**

**CONSEJEROS TITULARES**

**Ing. Civil Mariana Corina Stange**

**Ing. Civil Jorge Enrique González Morón**

**Ing. Civil Néstor Eduardo Guitelman**

**Ing. Civil Horacio Mateo Minetto**

**Ing. Civil Emilio Reviriego**

**Ing. en Construcciones Carlos Gustavo Gauna**

**CONSEJEROS SUPLENTE**

**Ing. Civil Pedro Ignacio Nadal**

**Ing. Civil José Daniel Cancelleri**

**Ing. en Construcciones Roberto Walter Klix**

**CONSEJERO TÉCNICO TITULAR**

**MMO Guillermo Cafferatta**

**CONSEJERO TÉCNICO SUPLENTE**

**MMO Lucía Heurtley**

**ASESOR CONTABLE**

**Doctor Jorge Socoloff**

**ASESOR LEGAL**

**Doctor Diego Martín Oribe**

**INTEGRANTES DE LA COMISIÓN DE PUBLICACIONES**

**Ing. Civil Luis Enrique J. Perri**

**Ing. Civil Enrique Sgrelli**

**Ing. Civil Victorio Santiago Díaz**

**Ing. Civil Carlos Alberto Alfaro**

**Ing. Civil Emilio Reviriego**

**Ing. Civil Alberto Saez**



# Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

→ Conocimiento activo para construir  
ciudades más sostenibles - Volumen II

La Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana, pionera en su especialidad en la Argentina, se dicta en el marco de un acuerdo alcanzado entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y nuestro Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC).

La puesta en marcha de esta Maestría completa un vacío percibido claramente en los ámbitos vinculados con los temas urbanos, debido a la escasa participación de la ingeniería en los mismos. De esta manera, se brinda a la sociedad el bagaje técnico-científico de la ingeniería urbana, como aporte para la construcción de mejores condiciones de vida para nuestra sociedad.

Los Ingenieros Civiles, Ingenieros en Construcciones, Ingenieros Viales, Ingenieros Hidráulicos, Ingenieros en Vías de Comunicación, Ingenieros Agrimensores, Agrimensores, Arquitectos, y otros profesionales con formaciones equivalentes, graduados en Universidades Nacionales argentinas, poseen una sólida base tecnológico-científica, necesaria para concebir, diseñar y ejecutar todos aquellos elementos que conforman el hábitat urbano, tales como redes de infraestructura, edificaciones y espacios urbanos, entre otros.

El segundo volumen de “Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana: Conocimiento activo para construir ciudades más sostenibles”, presenta las Tesis de los Magísteres Fabio Miguel Petrecca, Enzo Vergini y Dayana Pulido Ortega, concretando un compendio de conocimientos capaces de enriquecernos a todos.

Conocimientos activos para construir ciudades más sostenibles.

