

**Adecuar un edificio “Outinord” (industrializado) localizado en la ciudad de Pasto al modelo de
“Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía”**

Lidoro Efrén Muñoz Rosero

Universidad Santo Tomas
Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Construcción en Arquitectura e Ingeniería
Centro de Atención Universitario
Pasto, Colombia
Proyecto Profesional
Marzo 2020.

**Adecuar un edificio “Outinord” (industrializado) localizado en la ciudad de Pasto al modelo de
“Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía”**

Lidoro Efrén Muñoz Rosero

Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de:
Constructor en Arquitectura e Ingeniería.

Director

Arq. Mg. HECTOR ALBA PULIDO

Universidad Santo Tomas
Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Construcción en Arquitectura e Ingeniería
Centro de Atención Universitario
Pasto, Colombia
Proyecto Profesional
Marzo 2020.

Abstract

This proposal is implementation of collection and distribution of rain water to save 50% of sewage with 72 % of gravity recirculated water , through the assembly of an autonomous hydraulic system.

It will be substituted 50% of commercial energy with solar energy and space in the terrace will be used less space. This pilot study aims to reach sustainable goals for the block apartments already built with the outinord system (Tunnel) in Pasto town.

This type of buildings was designed 65 years ago in France, before the sustainability for water and energy regulations were implemented in Colombia, which did not prevent the recent massification of outtinord buildings.

This generates a condition that deserves a critical research proposal based on Pasto town prototype. This project could be replicated because it is possible to adequate those types of block apartments to reach the set goals of efficiency set by the national government . It proves significant saving of water and energy. In conclusion, the project is viable because its implementation has financial, environmental and social benefits.

Key words: Sustainability, efficiency.

Tabla de Contenido

Introducción.....	1
Planteamiento del problema	3
Justificación	3
Antecedentes.....	5
Sistema de construcción industrializado.....	5
Sostenibilidad	6
Objetivos	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
Marco teórico	10
Referentes internacionales y nacionales sobre la construcción sostenible para el ahorro del agua y energía	14
Captación de aguas pluviales	14
Referentes actuales	19
Educatorium	19
<i>Rascacielos Rain Collector and Skycraper</i>	21
Referentes mundiales y nacionales sobre eficiencia energética.....	23
Energía fotovoltaica para uso residencial	23
Metodología	31
Discusión de resultados y propuesta	32
Localización del proyecto.....	32
Parámetros	33
Edificio objeto	34
Propuestas sobre el método de construcción sostenible	37
Eficiencia energética.....	37
Eficiencia en agua.....	40
Ingeniería del Proyecto.....	43
Sistema de captación y distribución de agua lluvia	43
Cálculo red de distribución	47
Red principal	47
Cálculo tanque subterráneo.....	50
Sistema de captación de energía solar	53
Plantas fotovoltaicas	53
Parámetros de diseño.....	57
Localización y replanteo.	57
Cantidad de energía	60
Estructura para soporte de los paneles fotovoltaicos.....	61
Sistema de calentamiento solar de agua	65
Bombillas led y sistema de sensores	66
Procedimiento	69
Presupuesto.....	70
Cronograma	71
Conclusiones	72
Bibliografía	74

Lista de tablas

Tabla 1: Resumen eventos sostenibilidad	7
Tabla 2: Línea base consumo de energía	16
Tabla 3: Línea base consumo agua	16
Tabla 4: Ahorros meta	16
Tabla 5: Consumo energía eléctrica	21
Tabla 6: Cálculos paneles solares	22
Tabla 7: Cálculo oferta y demanda de agua	24
Tabla 8: Almacenamiento.....	28
Tabla 9: Capacidad portante.....	31
Tabla 10: Presupuesto	36

Lista de figuras

Figura 1. Esquema básico aprovechamiento agua lluvia	16
Figura 2. Procedimiento recuperación aguas lluvias	18
Figura 3. Edificio EDUCATORIUM-	19
Figura 4. Filtros aguas lluvias	21
Figura 5. Maqueta rascacielos.	21
Figura 6. Ilustración rascacielos	23
Figura 7. Prototipo de bloque y apartamento	36
Figura 8. Apartamento tipo	36
Figura 9. Vista general del proyecto	37
Figura 10. Sistema captación energía	40
Figura 11. Sistema recirculación agua lluvia	42
Figura 12. Zona secada de ropa	43
Figura 13. Sistema hidráulico pluvial	47
Figura 14. Sistema de captación y distribución de agua lluvia	50
Figura 15. Tanque almacenamiento subterráneo	52
Figura 10. Radicación solar	31
Figura 18. Localización paneles solares	60
Figura 19. Corte estructura paneles	62
Figura 20. Isométrica estructural	62
Figura 21. Paneles distribución en planta	63
Figura 22. Terraza.....	63
Figura 23. Sistema energía fotovoltaica	64
Figura 24. Red eléctrica	67
Figura 26. Sistema calentamiento agua	69
Figura 27. Corte pared terraza ropa.....	69
Figura 28. Distribución en planta	70

Introducción

En este proyecto profesional se presenta la utilidad de la metodología del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio sobre **“Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”**. construidos por el sistema “Outinord” (Túnel) en la ciudad de Pasto para determinar la compatibilidad y la acogida en la industria de la construcción.

Este proyecto clasifica en las facultades establecidas por la Ley 1229 de 2008, en particular en el literal “ b “ del párrafo primero, donde dice que el Constructor en Arquitectura e Ingeniería puede “Gestionar, planear, organizar, ejecutar, administrar y controlar.....los diferentes procesos constructivos.....utilizando las nuevas tecnologías. El término gestión, implica planear, organizar y ejecutar un proyecto hasta lograr el objetivo propuesto. En el alcance de proyecto se plantea una propuesta que, tras ser acogida por la universidad, residentes y autoridades locales, será posible materializarla en los diseños que exige la mencionada Ley, y poder hacer realidad.

La metodología del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015) es de uso público dado que se trata de un mandato legal, y por tanto utilizable sin restricción alguna, más aún para efectos académicos, dado que fue expedida mediante el Decreto 1077 Resolución 0549 (año 2015) emanados del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde se define los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para ahorro de agua y energía en edificaciones. Por tanto, se utiliza en esta actividad académica como elemento de aprendizaje y de verificación en su cumplimiento para encontrar elementos que favorezcan su posterior utilización en proyectos sostenibles.

Luego de una investigación exploratoria, se llega a realizar una propuesta de cómo adaptar el modelo de sostenibilidad en sus componentes de eficiencia energética, agua y confort sobre un modelo de construcción concebido hace más de 65 años de línea industrial (Outinord) que puede llegar a cumplir parcialmente con metas propuestas por esta metodología nueva, superando las restricciones de su diseño rígido, sin que sufra cambios significativos su configuración arquitectónica o estructural. Aquí radica lo novedoso, al adaptar un modelo que combina un diseño hidráulico de alta eficiencia de la energía cinética, energía solar, y adecuaciones espaciales, se logra tener funcionalidad de una infraestructura sostenible, con ahorros significativos de agua y energía, lo que en conjunto se traduce en mayor bienestar, al tiempo que por su claridad conceptual y aplicación de las técnicas apropiadas se logra una solución económica y de fácil implantación por lo que puede ser replicado en todo el país.

El proyecto inicia con el planteamiento del problema, cuenta con un marco conceptual, analiza los resultados y realiza una propuesta de mejoramiento.

Para el profesional de Construcción en Arquitectura e Ingeniería, además de ser un tema de alta importancia en su formación profesional, se constituye en un reto para aplicar sus conocimientos durante la formulación y ejecución de proyectos habitacionales, al tiempo que es la oportunidad de contribuir a los procesos de investigación que desarrolla la Universidad.

El alcance de este proyecto se limita al cumplimiento de un requisito académico tendiente a optar el título de Constructor en Arquitectura e Ingeniería, que a su vez complementa la formación y genera conciencia sobre una conducta nueva en el ejercicio profesional

Planteamiento del problema

La metodología del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio sobre **“Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”**. Tiene baja compatibilidad en edificios construidos por el sistema “Outinord” (industrializados) en la ciudad de Pasto.

Justificación

La razón principal para tal incompatibilidad obedece a que primero se diseñó esta clase de edificios y más de 65 años después apareció la metodología. Además, por ser industrializados son un solo modelo para toda Colombia, que por su sistema de construcción a través de formaletas tipo tunel todas las paredes son inmodificables al ser elementos estructurales que forman una unidad monolítica, no permite cambios.

Lo destacado es que el mismo MINVIVIENDA fue el financiador de estos proyectos en un programa para dar vivienda gratuita. Para el caso de la ciudad de Pasto son 26 bloques para 1.080 familias, con un área media de 45 m². Cuya estructura por ser monolítica en concreto y malla electro soldada no permite modificaciones estructurales, por tanto, las acciones pasivas de sostenibilidad están excluidas, solo está la potencialidad de implementar medidas activas.

Para completar el problema está en furor el paradigma de la sostenibilidad ambiental como concepto y opción de vivir bien, aceptada y promovida por las Naciones Unidas, por el gobierno nacional, universidades, asociaciones de profesionales, entre otros. Al tiempo desde la construcción, arquitectura e ingeniería se ha avanzado hasta los diseños sustentables de edificaciones que garanticen armonía con el ambiente y confort para sus habitantes. Frente a este avance conceptual, ideológico y de tendencia mundial, se presenta edificios que representan el lado opuesto. Por tanto, se requiere investigar y hacer propuestas que logren armonizar la mayor

construcción de vivienda popular construida en la última década en el país, con el concepto de sostenibilidad.

. Al respecto, en el Colombia se expidió el Decreto 1077 Resolución 0549 (año 2015) por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde se define los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para ahorro de agua y energía en edificaciones. De igual forma están vigentes y con auge las certificaciones de edificios sostenibles en el ámbito mundial; por tanto, y transcurridos cuatro años de la formalización en Colombia, es de esperar que las construcciones nuevas hayan incorporado los parámetros de esta metodología en forma parcial o total.

Lo interesante resulta al observar que el auge de la vivienda en el periodo de estudio se dio a través de edificios “Outinord”, técnica concebida en el siglo pasado, mientras la reglamentación del ministerio de Vivienda es reciente, lo que resulta un desafío para el Constructor en Arquitectura e Ingeniería poder encontrar elementos de diseño que hagan posible esa compatibilidad y se logre incluir elementos de sostenibilidad que actualicen esta clase de construcciones para ser un referente bajo condiciones críticas como las que presenta la ciudad de Pasto por su localización geográfica en la frontera del régimen ambiental andino y el amazónico su proximidad a la línea ecuatorial que le favorece la radiación solar, baja oferta de materiales sostenibles, baja cultura en el ahorro del agua y un auge espontáneo de la actividad constructora. Lo que en conjunto se constituye en un reto para la aplicación de conocimientos de diseño de técnicas que permitan hacer realidad este nuevo pacto moral y de responsabilidad conocida como sostenibilidad.

Antecedentes

Para el objeto de estudio tiene relevancia los antecedentes respecto a la sostenibilidad en la edificación de viviendas y el sistema de construcción industrializada conocida como “outinord” (túnel) hasta llegar a su aplicación en los edificios de apartamentos construidos en la ciudad de Pasto.

Sistema de construcción industrializado

Con el fin de elevar la productividad y rentabilidad en la construcción de viviendas se ha perfeccionado la fabricación en sitio, utilizando el modelo inicial de la empresa francesa *Outinord de Saint Amand Les Aux*.¹, desarrollado mediados del siglo veinte, consistente en un conjunto de formaletas que forman un túnel y permite el vaciado del concreto para formar muros y losas con una velocidad sorprendente hasta producir un apartamento diario.

En Colombia los primeros edificios se construyeron a partir del año 1967 con el conjunto experimental Kennedy² en la ciudad de Bogotá, y en la ciudad de Pasto irrumpe desde la década del 2015, combinado vivienda de interés social y de estrato medio.

Estructuralmente forman una unidad monolítica, donde los muros son los encargados de transmitir la fuerza al piso, al tiempo que los pisos amarran la estructura, por lo que no es posible realizar ninguna modificación, como ampliar ventanas, demoler muros, modificar espacios. Dado que cada componente es fundamental en la estructura.

¹Saint Amand Les Aux (2019), Página institucional, recuperado de <http://www.outinord.fr>

² Arciniegas (2018). Exposición SENA, recuperado de <https://es.slideshare.net/archieg/esposicion-sena-outinord>

Desde el momento de la implantación y la fundición de la placa de concreto reforzado, queda rígidamente definidos los espacios y las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, donde se conectarán las redes de los apartamentos. Por tanto, es una estructura inmodificable, en la que conviven los errores o aciertos de diseño.

Sostenibilidad

Según el Worldwatch Institute de Washington, la mitad de las emisiones de dióxido son producidas por la construcción y utilización de los edificios y que los edificios utilizan alrededor del 60% de los materiales que se extraen del planeta (MINAMBIENTE 2012). Estos resultados de la investigación por su seriedad y cobertura mundial, motivó el cambio de visión sobre el ambiente muy próximo a la residencia.

La sostenibilidad, es una teoría (paradigma), concebida en múltiples escenarios y ha sido el resultado de la contraposición de diversas concepciones del desarrollo desde el puro crecimiento económico, hasta lograr la visión sistemática y multidimensional, de allí que se hace un recorrido sobre la historia del concepto, en los hechos más destacados en el ámbito político internacional, nacional y municipal. A continuación, se destacan algunos hechos relevantes, que denotan la importancia de intervenir en la adopción de medidas técnicas para armonizar con la sostenibilidad todos los edificios, indistintamente de cuando se hayan construido.

Tabla 1:**Resumen eventos sostenibilidad**

AÑO	EVENTO	TEMA
1992	Cumbre de Rio	Socio economía y sostenibilidad ambiental.
1993	Congreso Internacional de Arquitectura.	Sostenibilidad en la construcción.
1994	Ley 165 de 2002	Adopción Cumbre de Rio
2008	Ministerio de Ambiente	Hábitat Urbano
2015	POT Pasto	Desarrollo sostenibilidad
2015	Decreto 1077 Resolución 0549.	Guía ahorro agua y energía.
MINVIVIENDA		

Fuente: MINVIVIENDA.

Fuente: MINVIVIENDA.

En lo referente a la Construcción en Arquitectura e Ingeniería, se avanza desde la arquitectura ecológica, bioclimática, ambiental hasta la sostenible, todas encaminadas a encontrar una relación equilibrada entre la utilización de materiales, definición de espacios, utilización racional del agua, energía, confort y mínimo impacto con el ambiente en toda la huella de los materiales.

En la actualidad el concepto predominante es el denominado “Arquitectura Sostenible”, que buscan la armonización y optimización de la edificación, en todo su ciclo de vida frente a su impacto con el medio ambiente y el desarrollo socio-económico de las comunidades (MINAMBIENTE 2012).

Con base en este concepto, el MINAMBIENTE, pasó del -que al cómo-, a través de la aplicación de los principios fundamentales mediante la elaboración de una metodología y herramientas para la definición, seguimiento y calificación de edificaciones sostenibles, según la localización geográfica y parámetros ambientales, que busca el logro de eficiencia energética y conservación del agua.

Para el caso colombiano el máximo nivel sobre consolidación y avance en la arquitectura sostenible lo logró el MINAMBIENTE. Lo que a su vez coincide con los organismos mundiales de certificación, de igual forma el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible; por tanto, el concepto y la metodología MIANMBIENTE, que logra un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación del ambiente en la industria de la construcción, es la guía conceptual que se adopta para realizar la investigación y aplicar la solución de compatibilidad.

Por su parte el municipio de Pasto, consecuente con la dinámica mundial, al momento de formular y aprobar el Plan de Ordenamiento Territorial adoptó como “ El modelo de ordenamiento propuesto tiene como fin último la sostenibilidad del territorio..”³

En consecuencia, se ha llegado a un avance conceptual que le da toda la validez y sincronización entre lo local, nacional y mundial, en una instrumentalización que brinda capacidad de medición, control y mejora de la sostenibilidad en las construcciones.

³ Alcaldía Municipal de Pasto POT 2015 – 2017.

Objetivos

Objetivo general

Adecuar un edificio “Outinord” (industrializado) localizado en la ciudad de Pasto al modelo de “Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía”

Objetivos específicos

- Evaluar los diseños frente a la metodología de sostenibilidad.
- Determinar el consumo en agua y energía en estos edificios.
- Proponer acciones constructivas para el ahorro de agua y energía.

Marco teórico

Ante las evidencias de deterioro planetario, irrumpe un concepto nuevo para la actuación del ser humano, pasar de la destrucción para sus fines egoístas a la utilización racional, que lo lleva a pensar en el presente y el futuro, al comprender que los recursos son agotables y por tanto a pensar en alternativas. En este aspecto, la construcción tradicional es “destructora” del ambiente, caracterizada entre otros factores por ser contaminante, despilfarradora de agua, energía, sobrantes. Por tanto, se debe tener una respuesta que corrija lo actuado, de allí la necesidad de incorporar en la construcción en general y en particular en la vivienda la sostenibilidad no sólo como concepto sino materializado en los diseños y durante todo el proceso constructivo.

Al respecto al Banco Interamericano de Desarrollo en su reciente publicación⁴ hace una relación de los procesos y momentos a través de los cuales se ha ido perfeccionado las definiciones de sostenibilidad y de la infraestructura sostenible; desde la década de los años setenta cuando comienza este análisis de manera formal, en el año 1987 se fija la primera definición, en el 92 se da la “Declaración de Río”, al año siguiente lo hace la Comunidad Europea, en el 2001 aparece la batería de indicadores de la ONU, y en el 2015 se define la Agenda 2030 de la ONU. En este rápido trayecto histórico de tal paradigma, se observa el esfuerzo en ámbitos diferentes para las formas a un concepto, lograr consenso e instrumentarlo. Para llegar a la siguiente definición de infraestructura sostenible: ...”se refiere a proyectos de infraestructura que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados,

⁴ Banco Interamericano de Desarrollo (2019) Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible.

asegurando la sostenibilidad económica y financiera, social, ambiental (incluyendo la resiliencia climática), e institucional a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto”. Es esta teoría la que sirve de base para realizar el proyecto profesional, aplicado a un proceso de remediación.

Dado que existe consenso mundial sobre la importancia de la sostenibilidad, se decidió aplicarlo a la construcción de vivienda, en todas las etapas del proyecto, su utilización hasta el reciclaje. Tras reconocer algo evidente, pero por lo rutinario pasaba desapercibido, es así como la vivienda es un espacio fundamental en la vida del ser humano y en su proyección social, va más allá de una simple construcción de paredes y techos, tiene que ver con el confort y compatibilidad con el ambiente.

La mayoría de la población no ve los huecos de minas de donde se extrajo la piedra de cimentación, la materia prima para los ladrillos, el mármol de la cocina, la sílice de las ventanas, la hermosa madera de los bosques destruidos, menos repara en la cantidad inmensa de agua, energía, durante el proceso de construcción. Esta invisibilidad hace que solo se vea los beneficios de la construcción sin reparar en el efecto colateral, razón por la que no existe una presión social por el cambio de modelo, entre más joven sea la población mayor es la demanda de apartamentos y su limitación es la capacidad de compra, jamás rechazara un proyecto por razones ambientales. Es decir, el daño ambiental es justificado por una necesidad social.

El punto de contacto con elementos fundamentales como el agua y la energía es el recibo de pago. Se considera que mientras pueda pagar el uso es ilimitado e inagotable. Pero es aquí donde con una visión sustentada en la infraestructura sostenible, hay que volver la mirada hacia la naturaleza en la utilización racional de su oferta ambiental aplicada en la construcción de la

vivienda, generar eficiencia para consumir sólo lo requerido, evitando el desperdicio e incorporando conceptos de la economía circular desde el diseño de la vivienda y en su funcionamiento propiciando que esté presente en todo el ciclo de vida de los materiales hasta su reciclaje final. Entonces y retomando las corrientes arquitectónicas del diseño y la construcción se logró sintetizar la sostenibilidad en una cartilla con fuerza legal, por parte del Ministerio de Vivienda donde resalta como variables fundamentales el ahorro de agua y energía. Al respecto sintetiza: “una construcción sostenible es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios”.⁵

Es este concepto adoptado por este Proyecto Profesional, el mismo que se ha logrado llevar a variables tangibles por parte de MINVIVIENDA, que cubre 12 componentes, pero luego de un análisis envolvente el equipo de expertos dedicados a elaborar la cartilla determinó que la eficiencia energética y del uso de agua en las edificaciones, son indicadores claves para establecer un nivel de sostenibilidad.

Como la sostenibilidad es integral todo debe confluir a aumentar el confort de las personas que habitan la construcción, responder a la satisfacción de sus necesidades y expectativas de las personas que habitarán la vivienda, lo que implica un diseño particular que contribuya al bienestar, acorde a su capacidad económica que no afecte su supervivencia.

¿Pero cómo lograr esta particularidad a partir de un diseño de vivienda genérico no propio de una zona tropical como corresponde al industrializado tipo Outinord (sistema industrializado)?

⁵ MINVIVIENDA (2015). La Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones Anexo 1 de la Resolución.

Es un concepto industrializado por cuanto permite realizar labores repetitivas y en escala, no se necesita de diseños arquitectónicos, ni estructurales particulares, se utiliza un genérico, construible en cualquier lugar. Bajo condiciones similares de suelos se puede construir en cualquier parte el mismo modelo, por tanto, todas las viviendas son iguales en cualquier parte del mundo sin importar clima ni condiciones culturales o particulares de una región.

Su estructura está conformada por muros y lozas construidas con malla de acero electro solada y concreto que al fundirse en un mismo momento constituye una unidad monolítica que distribuye en conjunto los esfuerzos y trasmite las fuerzas verticales y horizontales hasta la cimentación, al tiempo que quedan inmersas las redes eléctricas, hidráulicas y parte de las sanitarias, están se toman el cielo raso del apartamento inferior de diferente propietario.

La necesidad industrial como estructural hace que sea una construcción inmodificable desde su localización, construcción hasta la etapa habitacional. Es decir, no se adapta a las características del medio ni de los requerimientos propios de sus habitantes. De allí que genere dificultades para incorporar remodelaciones o adaptaciones.

El concepto subyacente es propio del sistema capitalista, que a través de la máxima productividad se logre maximizar la rentabilidad. De allí que lo más apropiado para el inversionista sea este modelo francés que permite viviendas en serie.

En consecuencia, este modelo, conceptualmente no es compatible con el paradigma de sostenibilidad.

Referentes internacionales y nacionales sobre la construcción sostenible para el ahorro del agua y energía

Captación de aguas pluviales

Para lograr que el edificio objeto del proyecto se transforme en una construcción sostenible donde ocurra un ahorro de agua y energía, es necesario adentrarse en los conceptos y experiencias referenciales que le dan solidez a la propuesta, por tanto, se utiliza un compendio de tales avances y algunas experiencias mundiales.

El proceso de recuperación del agua pluvial consiste en concentrar el agua de lluvia que cae en una superficie, en este caso la terraza del edificio, desde donde se canaliza hasta un tanque de almacenamiento, donde puede ocurrir un proceso de tratamiento para su posterior distribución a través de una red independiente de la de agua potable suministrada por una empresa de servicios públicos. Para el proyecto se combina en forma simultánea la distribución con el almacenamiento para optimizar la energía y en términos del tratamiento sólo se filtran hojas, sólidos suspendidos durante la captación para evitar obstrucción de la tubería, dado que su uso está destinado exclusivamente a las descargas sanitarias.

El esfuerzo de diversas organizaciones en el mundo, ya sean públicas o privadas por llevar agua a regiones donde el acceso es limitado ha llevado a tomar conciencia de la importancia del agua como un recurso ofrecido por la naturaleza, pero cada vez más escaso ante los procesos climáticos que han llevado a la desaparición de fuentes superficiales y al crecimiento de la demanda debido al aumento de la población y el uso en diferentes actividades económicas, Es allí donde la gente tiene que invertir casi medio día para transportar agua en sus espaldas como ocurre en la Guajira, o en regiones africanas, es cuando se le da el verdadero valor a este líquido vital, desde esos remotos lugares se ha ido perfeccionando la forma de captar el agua lluvia, su almacenamiento, tratamiento y posterior utilización. Se destaca un modelo financiado y probado durante varios años en el pacífico nariñense y es lo que se conoce como “casas aguateras” que consiste en colocar en red todas las casas y llevarlas a una casa donde están llena de tanques de PVC, para su almacenamiento en época invernal y su uso durante la sequía.



https://www.google.com.co/search?q=recoleccion+aguas+lluvias+costa+pacifica&tbm=isch&ved=2ahUKEwiAzIKXsPmAhVfTDABHcAIB9gQ2-cCegQIABAA&oeq=recoleccion+aguas+lluvias+costa+pacifica&gs_l=img.12...73201.82024..83986...0.0...3.308.9013.1j29j12j3.....0....1..gws-wiz-img.....0..0i67j0j0i5i30j0i8i30j0i24j0i30.pZ-lpArRzNo&ei=Hj5cXoDFLd-YwbkPwJGcwA0&bih=673&biw=1366#imgrc=83lHVtUli8jrwM

Pero, además, ya existen ciudades donde se ha comprendido la importancia del aprovechamiento del agua lluvia, por cuanto éste sólo genera ahorros superiores al 50% en los hogares, sino que hace prologar la vida útil de las fuentes y sistemas de suministro público que no requieren constantes aplicaciones, con lo que toda la sociedad gana y en especial el ambiente. Qué pese a no considerarse como portable, el agua lluvia, es de buena calidad en razón que no existe intervención humana o animal, pero puede combinarse con agentes contaminantes en el aire, según el lugar donde existe altas concentraciones de partículas en el aire, sin embargo su utilización en el hogar puede ser directa como en el caso del proyecto para la utilización en las descargas sanitarias, riego de zonas verdes o lavado de zonas comunes, cuyo aprovechamiento no requiere de instalaciones complejas ni de alta inversión. Estas condiciones favoreces ha motivado a varias ciudades como la de Sumida, Fiji, en el Japón, en Tailandia que tiene más de 10 millones

de tanques de concreto de dos m³ para almacenar agua lluvia, en Estados Unidos 250,000 hogares utilizan RWH⁶.

Figura 1:

Esquema básico aprovechamiento aguas lluvias.



https://www.google.com.co/search?q=esquema+instalacion+aguas+lluvias&sxsrf=ACYBGNTpxBvhKs6w6-hvwzqbG_2T2TsNA:1583102977081&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiL092UrvmAhVoU98KHQ8ABDcQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=673#imgrc=88mIacCe6HVSSM

La densificación de las zonas urbanas y el arrinconamiento de las fuentes de agua superficiales que compiten con las construcciones de viviendas y fábricas ejercen fuertes presiones sobre el recurso agua, que en algunos casos se convierten en imposibles, sino se tiene enormes cantidades de recursos financieros, dado que cada habitante de la ciudad supera la demanda de agua frente a las dotaciones propuestas por organizaciones mundiales y plasmadas en el los diseños de los sistemas de acueducto, mientras en Colombia y en municipios como Pasto se subestima la capacidad del agua lluvia, que por su condición de gratuidad y acceso directo es una solución adecuada, con mínimo impacto ambiental y que posibilita que los habitantes

⁶ <https://www.lboro.ac.uk/research/wedc/well/water-supply/ws-factsheets/domestic-rainwater-harvsting/>

dispongan de esta oferta del líquido vital, que además está en armonía con los objetivos del Desarrollo sostenible

Como todo proyecto tiene ventajas y desventajas, al respecto la ONG Journey to Forever, que adelanta acciones y proyectos con poblaciones pobres, en especial Africa, logró resumir las ventajas y desventajas de utilizar agua lluvia, que se las transcribe dada la importancia para justificar el proyecto profesional.

Ventajas y desventajas de la recolección de agua de lluvia.

Ventajas	Desventajas
Construcción simple: construcción de RWH sistemas es simple y la gente local puede fácilmente entrenados para construirlos ellos mismos. Esto reduce los costos y alienta más participación, propiedad y sostenibilidad en nivel de la comunidad.	Altos costos de inversión: el costo de los sistemas de captación de agua de lluvia es casi total incurrido durante la construcción inicial. Costos puede reducirse mediante una construcción simple y El uso de materiales locales.
Buen mantenimiento: operación y mantenimiento de un sistema de captación familiar son controlados únicamente por el propietario del tanque familia. Como tal, esta es una buena alternativa a Mantenimiento y monitoreo deficientes de un suministro centralizado de agua entubada.	Uso y mantenimiento: operación adecuada y el mantenimiento regular es muy importante factor que a menudo se descuida. Inspección regular, limpieza y reparaciones ocasionales. son esenciales para el éxito de un sistema.
Relativamente buena calidad del agua: agua de lluvia es mejor que otro disponible o tradicional fuentes (el agua subterránea puede ser inutilizable debido a fluoruro, salinidad o arsénico).	La calidad del agua es vulnerable: el agua de lluvia la calidad puede verse afectada por la contaminación del aire, excrementos de animales o aves, insectos, tierra y materia orgánica
Bajo impacto ambiental: el agua de lluvia es un recurso renovable y no se hace daño para el medio ambiente.	El suministro es sensible a las sequías: la ocurrencia de largos periodos de sequía y sequías puede causar problemas de suministro de agua.
Comodidad a nivel doméstico: proporciona agua en el punto de consumo.	Oferta limitada: la oferta está limitada por cantidad de lluvia y el tamaño del área de captación y el depósito de almacenamiento
No se ve afectado por la geología o topografía local: la recolección de agua de lluvia siempre proporciona una alternativa donde llueva	
Flexibility and adaptability of systems to suit local circumstances and budgets, including the increased availability of low-cost tanks (e.g. made of Ferro cement, plastics or stone/bricks).	

Tomado de http://journeytoforever.org/farm_library/AD43.pdf

Esta misma organización en el Agrodok 43 tras la cantidad significativa de implantaciones de agua lluvia entre las comunidades pobres y apartadas desarrolló técnicas a escala pequeña pero de reconocida efectividad donde destaca la acogida y difusión entre diversos grupos poblacionales por ser agua “relativamente limpia, confiable y asequible”, resalta que su acogida es por ser una tecnología flexible y adaptable a una variedad de condiciones entre sociedades pobres y ricas, aplicada a una escala entre 500 y 60.000 litros, y da pautas claras para la captación de agua lluvia en azoteas que sirve como un referente más en la formulación del actual proyecto, a continuación se destaca el proceso sugerido por esta organización.

Figura 2: Procedimiento recuperación aguas lluvias.

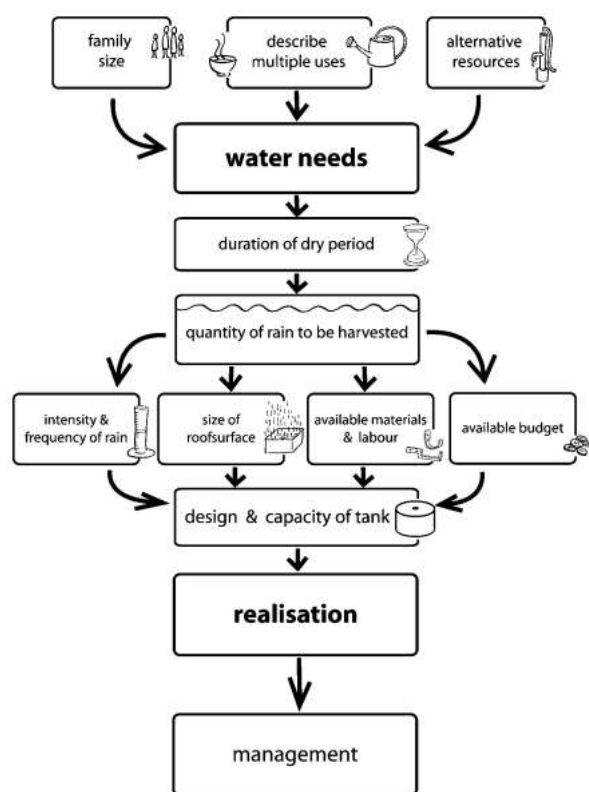


Figure 9: Issues to be considered in designing your RWH system

Referentes actuales

De esta experiencia remota se hace el salto a la actualidad a través de dos proyectos de significativa importancia, el edificio ‘**Educatorium**’ en la universidad Politécnica de Valencia España, como trabajo de grado en la Escuela de Arquitectura, donde la graduanda Beatriz Solanes, realizó un proyecto denominado “**Instalación para la recuperación de aguas pluviales y su posterior uso**” se lo toma como referencia por tratarse de la aplicación a un edificio de uso público, Y el otro por estar a la vanguardia del diseño arquitectónico para el uso residencial, corresponde al diseño del edificio **Rain Collector and Skycraper**, es un rascacielos que captura el agua de la lluvia para satisfacer las necesidades de sus habitantes durante todo el año, este diseño obtuvo una mención especial en el concurso 2010 Skyscraper Competition Evolo, realizado por los arquitectos Poloneses Ryszard Rychlicki y Agnieszka Nowak. A continuación, se hace una descripción técnica de cada uno.

Educatorium

El edificio estudio tiene cuatro pisos que le da una altura total de 13.95 metros, similar en este aspecto al de este proyecto y a la densificación en altura que disminuye la proporción de área de captación con el área de servicio.

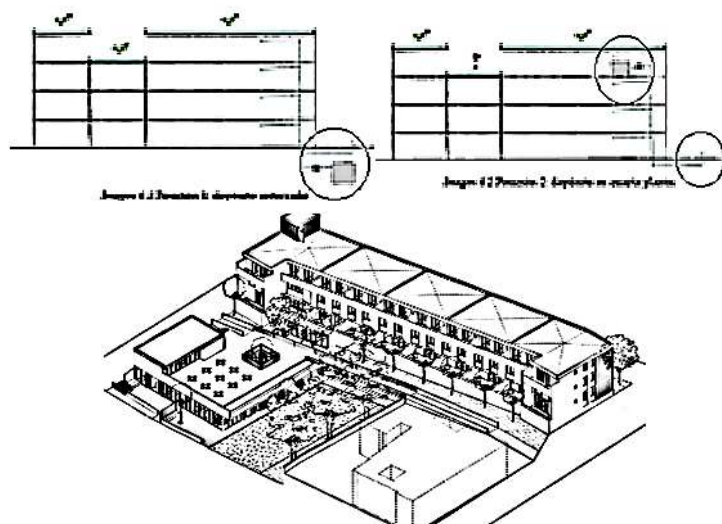


Figura 3. Edificio Educatorium

https://www.google.com/search?q='Educatorium'+en+la+universidad+Politécnica+de+Valencia+España+client=opera&hs=9UD&xsrf=ACYBGNOekaGa8moD-gv9tFYAczEWir7mtg:1583093152861&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKFwir6SblifmAhURnOAKHUb4DWwQ_AUoAXoECBkQAw&biw=1326&bih=585#imgsrc=n-Q5g_kjEzBNXM

Aunque es un centro universitario de uso público, el destino principal del agua lluvia recolectada no se dedica a consumo humano, según SOLANES (2015) “el agua pluvial se empleará en cisternas de inodoros, grifos de limpieza y riego de jardín. Los puntos de captación serán la cubierta principal, la terraza, los patios y el espacio descubierto previsto para las instalaciones de la cuarta planta.”

El proyecto inicia estudiando la pluviometría, donde encuentran que disponen de este líquido en ocho meses con precipitaciones que oscilan entre 35 y 41l/m², al año registran 352 l/m², de igual forma indagan sobre la presión mínima en el sector con el fin de determinar el funcionamiento de los grifos que servirán de punto de suministro que según la autora SOLANES (2015) la presión mínima exigida en grifos comunes es de 10 mca y de 15 y la presión en la planta más alta del edificio será de 34.55 mca (49 mca – 14.49mca), lo que suficiente para garantizar las presiones mínimas. Es decir, el procedimiento arranca con el estudio de la capacidad técnica mas no de las necesidades del consumo.

Destaca la importancia de incluir filtros en diferentes partes de la red con el fin de minimizar el mantenimiento, prefieren los que sean auto limpiantes dado que evitaría la obstrucción del sistema y no demandará costos adicionales en mano de obra y materiales y propone en el documento mencionado los siguientes:

Figura 4. Filtros aguas lluvias



Imagen 3.4 Filtro cisterna con acumulación de suciedad



Imagen 3.5 Filtro individual autolimpiante



Imagen 3.6 Válvula de pie con cazapiedras

Otro aporte significativo y que se debe tener como referente al momento de abordar un proyecto de sustitución o complementación de agua a través de sistemas pluviales, es diferenciar

la viabilidad económica y sostenible, que si bien en el segundo aspecto se destacan los beneficios, el primero establece una relación costo/beneficio que hace o impide ejecutar esta clase de emprendimientos, para el caso del Educatorium , encuentran un ahorro evidente dado que el aporte del agua lluvia es del 50% de la total empleada, por lo que logran los dos componentes de la viabilidad, más aún cuando se trata de un edificio público con 24 horas de servicio, que es el máximo nivel de exigencia frente a una vivienda.

Rascacielos Rain Collector and Skycraper

Figura 5. Maqueta rascacielos



https://www.google.com.co/search?q=Rain+Collector+and+Skyscraper&sxsrf=ACYBGNReY6NOU8n5_IZ5XOzj2LfV4isKGg:1583101367461&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwielZqVqPmAhWBTN8KHWT6DkEQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1366&bih=673#imgrc=-NCcpKl8J4XrjM

El diseño de este rascacielos es la punta de la innovación en la utilización de acciones pasivas al momento de abordar un proyecto de construcción sostenible, por cuanto es la finalidad central. Es así como SOLANES (2015) en la página 10 de su trabajo de grado sintetiza de la siguiente forma “ el colector con su forma ovoide esconde una fachada y cubierta capaces de

capturar y procesar la mayor cantidad de agua lluvia....bajo la cubierta se colocaron depósitos de agua y campos de caña que sirven para filtrar...desde aquí se distribuye a cada vivienda por una red de canales....el agua de las fachadas se canaliza a depósitos enterrados...en utiliza en lavadoras, baños, regado ..y usos domésticos”.

1.11 Captación y distribución de la lluvia Imagen”

Figura 6. Ilustración agua rascacielos



Imagen 1.11 Captación y distribución de la lluvia

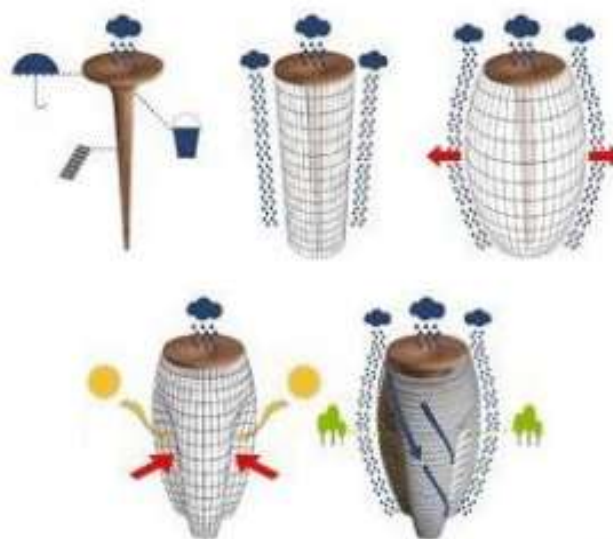


Imagen 1.12 Esquema con forma que ayuda a captar el agua y, a su vez, conseguir el mejor soleamiento

https://www.google.com.co/search?q=Rain+Collector+and+Skyscraper&sxsrf=ACYBGNReY6NOU8n5_IZ5XOzj2LfV4isKGg:1583101367461&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwielZqVqPmAhWBTN8KHWT6DkEQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1366&bih=673#imgrc=-NCcpKl8J4XrjM

Esta propuesta que extrapola la parte superior del diseño, abre el interés por hacer propuestas urbanas en la escala apropiada para cada ciudad donde es posible proponer

edificaciones capaces de repetir el modelo en cuanto que es posible captar agua por medio de las edificaciones y no se sólo demandantes.

Referentes mundiales y nacionales sobre eficiencia energética

Consiste en disminuir la cantidad de energía para producir bienes o servicios, es decir el ahorro energético no debe afectar la cantidad de estos producto, en el caso del edificio habitacional, se requiere mantener iluminación, refrigeración, funcionamiento de electrodomésticos, agua caliente, entre otros, que sin disminuir la cantidad de éstos, debe bajar el consumo final de KWH consumidos o comprados por efecto de la introducción de tecnologías, cambios de hábitos o reformas arquitectónicas del espacio.

Por su significativo impacto se aborda las tecnologías de energía fotovoltaica y la tecnología LED.

Energía fotovoltaica para uso residencial

Ha transcurrido más de un siglo desde los albores de esta forma de energía, por allá en el año 1860 hasta la fecha se han dado cambios tecnológicos significativos que aumentan la eficiencia de los componentes y disminuyen su costo de adquisición en el mercado, por lo que la convierte en una opción competitiva en el mercado de las fuentes energéticas hasta llegar a competir en cantidad y precios con las fuentes tradicionales, con la ventaja de los mínimos impactos ambientales por lo que es respalda por eventos de importancia tras nacional en este campo como el protocolo de Kioto, las Naciones Unidas y todos los organismos y grupos activistas promotores de la reducción de gases de efecto invernadero.

Aunque no es el objeto de este proyecto la minucia histórica, es pertinente destacar algunos íconos que han permitido llegar al nivel de desarrollo actual, entre estos se destacan la primera cédula solar de película delgada construida por el Instituto de Conversión de Energía de la universidad de Detaware en año 1980, Posteriormente Kyocera desarrolla sistemas industriales

para producir polisilicio, material de las células fotovoltaicas, en el año 1991 surgen las células fotoelectroquímicas, la película delgada por la universidad de la Florida, pero es en el año 1994 cuando NREL produce la cédula de concentración que logra superar el 30% de eficiencia en la conversión, lo que hace posible pensar en que puede competir, y es en el año 2004 cuando se fija la meta en California de instalar dotar a un millón de viviendas con energía solar. Tras esta decisión política la carrera siguió por la eficiencia hasta que en el año 2014 el Instituto Fraunhofer alcanza el 46% de eficiencia, donde también aparecen empresas como Panasonic, Sanyo que incursionan también con el tamaño de los paneles. Como se destaca la eficiencia, tamaño, peso y costo de los paneles son fundamentales para que tenga un crecimiento vertiginoso la instalación en barrios enteros y compita con la energía de otras fuentes.

Sumado al avance tecnológico está el conjunto de beneficios entre los que se destacan ser renovable, ilimitada, limpia, no afecta el cambio climático al no producir gases de efecto invernadero, es barata dado el largo periodo de vida útil de los componentes. Y por tanto es seleccionada como la mejor opción para la construcción sostenible por su bajo peso y la facilidad de instalación.

Superado el nivel de eficiencia técnica y sumado a sus beneficios ambientales, logró el respaldo gubernamental y la complacencia de sociedades amigas de conservar la tierra, lo que ha permitido instalar desde la unidad del hogar hasta centrales industriales, que no sólo cubren las necesidades domésticas, sino que cubren todos los usos propios de un sistema eléctrico nacional, sustituyendo o complementando la oferta de energía corriente en todos los mercados.

Alemania

Dado el interés de referencia para el proyecto se destaca Freiburg (o Friburgo en español) considerada la ciudad verde de Alemania donde está el barrio de Schlierberg donde el arquitecto Rolf Disch logró un diseño a través de paneles solares instalados en los techos de las viviendas que les permite generar cuatro veces la energía que consumen sin que se afecte la estética ni funcionalidad de las viviendas, por tal motivo es el referente principal.



Según la publicación de **muhimu** este barrio localizado en el distrito de Vauban fue el resultado de un proceso de renovación urbana al transformar una base militar en el asiento de 60 viviendas donde sus se los contruye en la dirección y ángulo requerido para el aprovechamiento del sol lo que les permite generar 7 kwp por vivienda que en total son 445 KWp que al año representan 420.000 kWh, que equivale a 200 mil litros de petróleo y de emitir hasta 500 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera cada año. Las cifras son contundentes la ganancia es integral, el barrio es agradable, no pagan por el consumo de energía y favorece el ambiente, esto es el ideal de la construcción sostenible.

Estados Unidos

El informe de Frontiergroup referente al mercado eléctrico destacó: “Cientos de miles de estadounidenses han invertido en energía solar, energía y millones más están listos para unirse a

ellos “, debido a que las principales ciudades están implementadas proyectos a todas las escalas, entre estas ciudades por proporción per cápita destaca en un orden de mayor a menor New York, San Francisco, Washintong, Portlan y siguen, ver en el cuadro reumen.

City	State	Total Solar PV Installed (MW-DC) ²	Total Solar PV Rank	Per Capita Solar PV Installed (Watts-DC/person)	Per Capita Rank	Rooftop Solar PV Potential on Small Buildings (MW) ³
Los Angeles	CA	349.3	1	87.9	15	5,444
San Diego†	CA	287.2	2	204.1	2	2,219
Honolulu	HI	213.3	3	606.4	1	N/A
Phoenix*	AZ	206.4	4	127.8	7	2,981
San Jose	CA	195.9	5	191.0	3	1,639
San Antonio	TX	161.0	6	107.9	11	3,721
New York	NY	147.0	7	17.2	40	1,277
Indianapolis†	IN	117.4	8	137.3	4	N/A
Denver	CO	83.4	9	120.3	8	677
Las Vegas	NV	81.5	10	128.8	6	946
Albuquerque*	NM	57.9	11	103.5	12	1,252
Sacramento	CA	49.8	12	100.5	14	777
Washington	DC	47.3	13	69.4	17	344
San Francisco	CA	47.1	14	54.1	18	672
Jacksonville	FL	42.6	15	48.4	21	1,715
New Orleans	LA	39.7	16	101.4	13	1,277
Austin	TX	39.4	17	41.5	23	1,443
Riverside	CA	36.3	18	111.9	9	612
Boston	MA	33.0	19	49.0	19	341
Portland	OR	31.2	20	48.8	20	1,397

<https://frontiergroup.org/reports/fg/shining-cities-2018>

Según el informe mencionado por agencias de prensa como la EFE, destacan el crecimiento geométrico de la generación de la energía solar en Estados Unidos, cuenta con una capacidad instalada de 53 gigavatios (GW), que puede abastecer a 10,1 millones de hogares. Lo que según cálculos de la organización Frontier Group, supera en 26 veces a los registros del año 2010. A pesar de esta cifras significativas se considera que este país se encuentra en una fase inicial, lo que frente a la lucha con los productores y comercializadores de petróleo se puede repetir la historia cuando estos encuentren ventajas económicas para reducir las importaciones y sustituirlas por energía fotovoltaica lo que permitirá un despegue que repercutirá en países como Colombia al poder encontrar elementos de mayor eficiencia y a un precio menor, lo que favorece el crecimiento de este proyecto profesional.

Florida emerge como líder en energía solar en los Estados Unidos

WORLD ENERGY TRADE / 12 ABRIL 2019



<https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-alternative-energy/96-news-energia-solar/2664-florida-emerge-como-lider-en-energia-solar-en-los-estados-unidos>

Babcock Ranch

Esta unidad habitacional construida en la Florida, es lo más próximo a un proyecto sostenible, como el referenciado en Alemania, tiene casas con techos a dos aguas contruidos en metal refractario para reducir costos de calefacción y refrigeración, que a su vez sirve de soporte para instalar paneles domiciliarios que complementan la generación de energía por medio de una planta de la FPL, conformada por 340.000 paneles solares con una capacidad de generación de 75 megavatios.



Los edificios en Babcock Ranch tienen sus propios paneles solares, pero la mayoría obtiene su energía de un parque



Un autobús eléctrico sin conductor en una estación de carga en Babcock Ranch

<https://www.dw.com/es/la-primera-ciudad-de-eeuu-alimentada-por-energ%C3%A1a-solar/a-46172559>

MEXICO

En México ya se puso en marcha la planta solar mas grande, con 2,3 millones de paneles con capacidad para 754 megavatios.



LA ENERGÍA SOLAR BRILLA EN AMÉRICA LATINA

México rompe récords

El pasado marzo, Enel Green Power puso en marcha la primera etapa de la planta solar más grande del grupo en América Latina. Con alrededor de 2,3 millones de paneles solares, la planta, cubre unas 2.400 hectáreas del estado de Coahuila (México). El parque cuenta con una inversión de 650 millones de dólares y una capacidad de 754 megavatios y pretende aportar energía a 1,3 millones de hogares.

Colombia

En Colombia se está avanzando en todos los niveles desde la vivienda hasta los macro proyectos localizados en el Cesar, Valle, Eje Cafetero, Santander, L Guajira, Espinal entre otros.

El periódico El Espectador⁷ describe un proyecto ubicado en el corregimiento Azúcar Buena-La Mesa, de Valledupar, departamento del Cesar que cubre 157 hectáreas, con 284 mil módulos fotovoltaicos que generaran 41.667 MWh/año durante 30 años de operación, con una inversión de 70 millones de dólares. Es considerado el más grande de Colombia

El proyecto, según la ANLA, **reduciría 150.000 toneladas de emisiones de CO2 al año**, prácticamente el mismo CO2 que podrían capturar 9 mil hectáreas de bosque húmedo en un año.

A finales del año pasado la ANLA aprobó la licencia ambiental para el proyecto “Generación de Energía Eólica Alpha”, situado en La Guajira, con una capacidad de generación de entre 200 y 250 MW. De igual forma en el Espinal la empresa Celsia instalará 35.000 paneles para generar 9,4 megavatios de energía limpia, con lo que evitará la emisión 163.471 toneladas de CO 2 , en 25 años.



<https://blog.celsia.com/new/>

⁷ <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/otorgan-la-primera-licencia-para-generacion-de-energia-fotovoltaica-en-colombia-articulo-8451>

De otra parte los techos de los supermercados se han convertido en los lugares para instalar paneles fotovoltaicos, entre estos se menciona a Mercacentro, con 1.900, con capacidad para 640 KWp, otro caso son los cuartos fríos de Puerto Vallarta Herbs SAS, con 74 paneles solares de 340Wtts para generar 36 MWh/año.

Metodología

Por tratarse de una investigación aplicada, se fundamenta en la observación, recolección de información, procesamiento y propuesta.

Con la claridad conceptual sobre sostenibilidad (MINVIVIENDA) y el sistema Outinord, se procede a realizar una visita de campo, con equipo de medición digital y de fotografía georreferenciada.

Luego se hace una consulta documental en las curadurías urbanas donde se estudian los proyectos que sirvieron de base para la expedición de la licencia.

Como existen diferencias entre lo planeado y lo construido, se toma un solo edificio para tener un elemento tipo, en razón a que los demás son similares.

Dadas las limitaciones frente a derechos de autor, se procede a realizar modelos que simulan esa realidad para poder realizar la idea.

Tras un análisis riguroso se encuentra una idea posible dentro del alcance de las funciones del Constructor en Arquitectura e Ingeniería. Con esto se llega a realizar una propuesta general, que de ser aceptada tendrá que diseñarse por otros profesionales del área.

Se hacen cálculos a nivel de pre diseño, con los que se estima un presupuesto para dimensionar su posible viabilidad.

Finalmente se redacta un documento para cumplir con el requisito académico.

Discusión de resultados y propuesta

Localización del proyecto

El proyecto objeto de estudio se encuentra localizado en la zona nor-oriental de la ciudad de Pasto, departamento de Nariño. Zona de expansión Aranda, y se clasifica como vivienda de interés social.



Localización en la zona urbana



Localización en la urbanización



Edificio muestra

Composición fotográfica que muestra desde la macro localización hasta el conjunto de bloques de edificios donde se realiza la propuesta

Parámetros

El MINVIVIENDA(2015), en la metodología citada, establece parámetros de consumo de energía y agua, al tiempo que determina los ahorros para VIS en ciudades de clima frío.

Tabla 2. Línea base de consumo de energía

kWh/m ² -año	Frío
Hoteles	96,1
Hospitales	249,6
Oficinas	81,2
Centros comerciales	403,8
Educativos	40,0
Vivienda no VIS	46,5
Vivienda VIS	44,6
Vivienda VIP	48,1

Tabla 3 Línea base de consumo de agua

lt/pers/día	Frío
Hoteles	188,5
Hospitales	620,2
Oficinas	45,0
Centros comerciales	6 lt/m ²
Educativos	50,0
Vivienda no VIS	145,4
Vivienda VIS	105,7
Vivienda VIP	78,1

Tabla 4:

Ahorros meta

Ahorros	1r año	2año
Energía	10%	20%
Agua	10%	10%

Fuente: MINVIVIENDA.

Edificio objeto

Como se observa, el edificio es una muestra del sistema outinor (tunel), ortogonal que responde a las formaleas utilizadas y se repite en las demas unidades habitacionales, aquí se destaca la amplia terraza libre, los espacios de fachada para la construcción de buitrones para redes.

Las dimensiones de este edificio que sirven de cálculo se tomaron con equipos electrónicos en el sitio, por lo que no fue necesario recurrir a planos, a fin de evitar la consecución de permisos y derechos de autor, los que se utilizan luego en modelos para efectos del ejercicio académico.



Las desventajas de diseño, se convierten en una oportunidad para el proyecto, por cuanto es externo, se utiliza la discontinuidad en la fachada para instalar las redes hidráulicas cubiertas en un buitrón con lo que la fachada no sufre una significativa modificación.

Con la consulta en sitio se encontró que el consumo de energía es similar, por tanto, se toma el encontrado por MINVIVIENDA de 2007 Kwh/año, en tanto para agua la media es de 110 Lt/persona/día, que se considera elevado para esta clase de vivienda, se toma para comparación el obtenido por MINVIVIENDA de 105,7 Lt/pers/dia.

La urbanización presenta tres potencialidades la existencia de terrazas sin acceso por tanto no utilizadas, calles y espacios públicos sin pavimentar y el diseño de redes hidráulicas alineado en forma vertical para alimentar los sanitarios.

Como factor complementario, los entrevistados manifiestan que el costo de las facturas de estos servicios es creciente, por lo que favorece la implementación de ahorro.

Las estéticas de las fachadas no sufrirán afectación por cuando su diseño ortogonal permite la construcción de un buitrón que cubriría el tubo de aguas lluvias.

El régimen de lluvias de la ciudad de Pasto y el brillo solar favorece su utilización. Según la información publicada por el IDEAM (2018). Se tiene una precipitación de 776 mm y tres horas de radiación.

Aunque el área del apartamento es de 45 m², lo habitan en promedio cinco personas, de allí el elevado consumo y el bajo confort, al extremo de utilizar la mini zona de lavandería para otros fines, por lo que utilizan las ventanas para secar ropa y cobijas.

Figura 7:

Prototipo de bloque y apartamento, solo para ilustrar la propuesta.

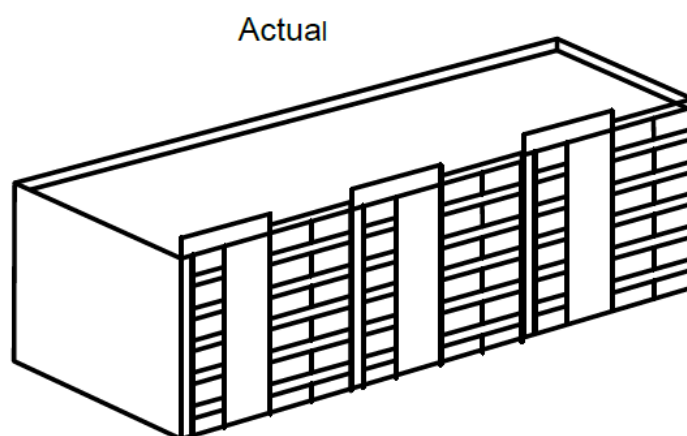


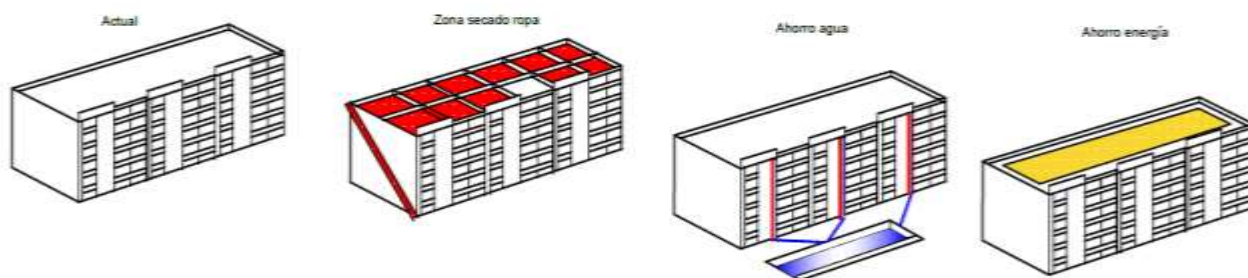
Figura 8:
Apartamento tipo



Propuestas sobre el método de construcción sostenible

La metodología MINVIVIENDA, establece medidas de eficiencia que las clasifica en pasivas y activas. Las primeras se refieren al diseño del edificio tales como relación ventana/pared, sombreado, entre otros, que para el caso de objeto del proyecto no aplica en razón a que ya está construido, por tanto, se incidirá en las acciones activas que sean viables.

Figura 9:
Vista general del proyecto



Eficiencia energética

El consumo de energía, según MINVIVIENDA se calculó como 44.6 Kwh/m²-año, para estos apartamentos de 45 m² sería de 2007 Kwh/año. Que mensualmente representa 167. 25 Kwh, para efectos particulares se toma datos de estudios de mayor individualización, es destacado el realizado por EPM, para cada electrodoméstico, que se utilizan como insumo para el cálculo del consumo del apartamento según la información suministrada, resultado un consumo mensual de 93.4 Kwh/mes. Que constituye la línea base para el cálculo de los ahorros.

Tabla 5:
Consumo energía eléctrica

ELECTRODOMESTICOS	CANTIDAD	Consumo en Kwhmes	TOTAL kwhmes	AHORRO kwhmes	%
Bombilla 60w	5	7,2	36	36	39%
Ducha eléctrica	1	10,5	10,5	10,5	11%
Plancha ropa	1	12	12		
Plancha pelo	1	4	4		
Televisor LCD 20	1	13,5	13,5		
Equipo sonido	1	9	9		
Computador mesa	1	8,4	8,4		
TOTAL			93,4	46,5	50%

Tras conocer los avances de la energía fotovoltaica en todas las escalas de inversión y generación, los proyectos se tienen que enfocar al logro de la máxima eficiencia, que es posible con los recursos disponibles y más aún cuando el precio de los mismos disminuye.

Con las experiencias consultados se encuentra que en general, y para lograr la eficiencia energética se adelantan las siguientes acciones:

1. Sustituir elementos de consumo como cambio de bombillas incandescentes a LED, SENSORES. El resultado es inmediato.
2. Reemplazar la fuente de energía. Resultado inmediato y a largo plazo
3. Combinación de la 1 y 2, en la propuesta energía fotovoltaica, bombillas LED, energía térmica, sensores. 50%
4. Complementados con cambios en los hábitos.

Dado que el proyecto es de tipo piloto, una vez implementado se harán los ajustes que permitan elevar el nivel de ahorro.

Incluso se puede prever el incremento de la generación de energía que ingrese directamente en la red con lo que se incorporarían otros electrodomésticos para que paulatinamente se llegue a sustituir en su totalidad.

Tabla 6:
Cálculo paneles solares

ESPACIOS	BOMBILLOS	W CAPACIDAD	HORAS DE USO	CONSUMO W/d	valor kw/ mes
APTO					
Alcoba	3	20	4	240,00	7,20
Baño	2	15	0,5	15,00	0,45
Cocina	2	20	2	80,00	2,40
Sala comedor	2	20	2	80,00	2,40
TOTAL				415,00	12,45

Figura 10. Sistema captación energía



De lograrse implementar la totalidad de medidas se puede lograr un ahorro total del 50% del consumo actual.

Eficiencia en agua

Dada la existencia de una terraza y la disposición vertical de las unidades sanitarias en un mismo eje, es posible el montaje de un sistema para alimentación sanitaria permanente con agua lluvia.

El sistema de alimentación constante es una producción del estudiante, consiste en instalar un sistema hidráulico basado en la “conservación de energía” (Bernoulli) que aprovecha el potencial de energía por la altura del edificio y la conserva a través de una red de tubos matriz que funciona como tanque, dado su mayor diámetro, frente a las conexiones de los sanitarios, con lo que se mantiene la presión de servicio. Cuando el caudal supera la demanda, este recircula en dos sentidos, el primero es lograr la altura inicial de la terraza donde existe un tanque de almacenamiento y lo logra por el multiplicador de energía, el ariete, instalado en la parte baja del edificio; el excedente de agua producto de esta acción se dirige al otro sentido para ser almacenado en un tanque subterráneo, desde donde mediante la acción de una bomba sumergida se impulsa al tanque aéreo, cuyo nivel activa el sistema de electroválvulas que permiten tener un suministro constante de agua hasta que la lluvia lo suministre. Cuando la oferta de lluvia finaliza, entonces se cierra automáticamente el sistema y continua con el agua del acueducto público.

De igual forma la instalación no afecta la estructura del edificio, por cuanto la fuerza del agua se transmite directamente al suelo, de esta forma el anclaje a las paredes contrarresta la fuerza del viento. La instalación resulta fácil por utilizar tubería PVC, por cuanto existe amplia experiencia en los albañiles para el manejo de este material, los componentes como electroválvulas y ariete, se acoplan a los accesorios de este material por lo que no se tendrá que realizar adaptaciones, será una instalación en la forma como lo realizan las sanitarias de un edificio por el diámetro y las acometidas normales a los sanitarios.

Ahora es necesario adentrarse en calcular la oferta y demanda de agua lluvia, lo que es fundamental para el diseño y el ahorro potencial y efectivo.

El cálculo realizado permite cubrir el 39% del consumo de agua por la utilización del sanitario.

Figura 11:
Sistema recirculación agua lluvia

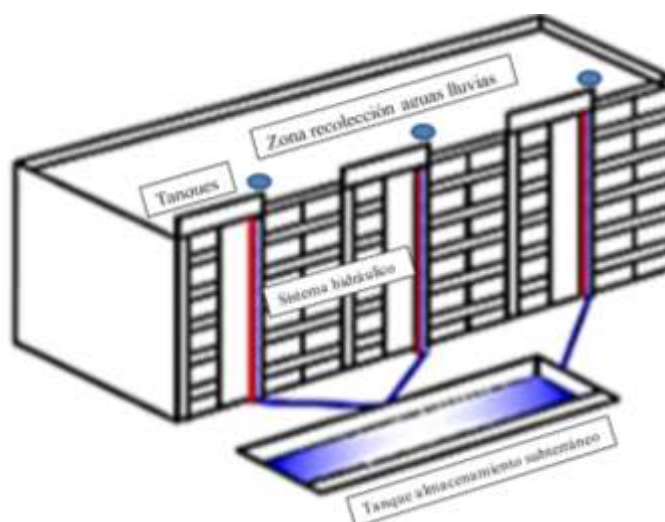


Tabla7:
Cálculo oferta y demanda agua

DESCRIPCION	PARCIAL	TOTAL
Precipitacion anual pasto 776 mm(lt/m2)	776	
Area terraza (m2)	252	
Coeficiente escorrentía	0,9	
Capatacion lt/año (L)		175.997
Descarga sanitario (6/4 LPF)	4	
Número descargas	3	
Miembros familia	4	
Dias al año	365	
Numero apartamentos	20	
Total litros descarga año		350.400
Porcentaje		50%
Capacidad del tanque m3 *		176
Dimensiones		
Profundidad		2,5
Area tanque 50% de almacenamiento		35,2
Ancho		6
Largo		6

Si el consumo de agua por persona diaria es de 105 litros, de éstos 12 litros corresponde a descarga sanitaria, y 5,25 litros sería el aporte de aguas lluvias, si se mantiene el nivel de precipitación. Por tanto, alcanza a cubrir la mitad de la meta propuesta. El logro total corresponderá al cambio de hábitos. No obstante, existen dos limitantes la pluviosidad y el área de la terraza.

Confort

Se propone utilizar la terraza como secadero de ropa, dado que en la actualidad carecen de suficiente espacio y tienen que recurrir a colgar en las ventanas lo que afecta el confort interno al variar la temperatura, humedad e iluminación natural.

En la terraza existe suficiente espacio para adecuar los lavaderos y secaderos, utilizando elementos livianos de división y dotando de instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas. El edificio tiene un sólo sistema para todos los apartamentos por lo que no habrá dificultad técnica para la construcción.



Figura 12. Zona secado ropa

Ingeniería del Proyecto

Sistema de captación y distribución de agua lluvia

Para el proyecto la recuperación de agua pluvial además de contribuir a la solución de la crisis ambiental, en este proyecto se concentra en una parte de la forma como los hogares consumen agua y en especial en la utilización como descargas sanitarias, por tanto, no requiere tratamiento alguno, se capta desde la terraza del edificio por medio de los desagües existentes y luego se conduce al sistema de eficiencia hídrica diseñado con el fin de mantener el suministro a los tanques de los sanitarios con el mínimo consumo de energía eléctrica.

El déficit entre la oferta y demanda hídrica es creciente en el mundo, debido al incremento de la población, a las actividades económicas de las ciudades, a los cambios climáticos, al agotamiento de fuentes superficiales, lo que en conjunto es una amenaza para la supervivencia humana, mientras las tarifas crecen constantemente y afectan la capacidad de consumo de los habitantes en especial aquellos de menores ingresos, como es el caso del proyecto, en tanto, el agua de la lluvia se desperdicia, pasa directo de la loza a la alcantarilla como algo inservible.

En gran medida no se aprovecha el agua lluvia porque los edificios tipo “túnel” no fueron diseñados con este fin, aunque se tenga separadas las redes de alcantarilla, es decir el bajante se conecta con la red de alcantarilla en forma independiente de las aguas residuales, no obstante se carece de un tanque de almacenamiento de una parte y de otra como el caso de los edificios se tendría que recurrir a utilizar una bomba eléctrica o de cualquier combustible, lo que resulta un mayor costo que desestimula la utilización de este recurso, pese a sus evidente beneficios.

Entre estos beneficios se destaca el ahorro directo en la factura de agua, dispone de una alternativa en caso de racionamiento, el agua es de buena calidad, se contribuye con la conservación del ambiente y en general incide en la viabilidad de las ciudades que no deben hacer inmensas inversiones para captar y transportar agua adicional para cubrir el crecimiento poblacional.

Ahora, como ya se explicó en las páginas anteriores de este proyecto profesional, el punto central es armonizar un edificio tipo túnel con el concepto de una construcción sostenible, con una respuesta técnica desde el ámbito del Constructor Profesional en Arquitectura e Ingeniería, que se materializa en la incorporación de una infraestructura que utiliza conocimientos de hidráulica y fontanería para lograr la utilización directa del agua lluvia con eventual concurrencia de la energía eléctrica.

Durante el proceso de formación académica, en distintos cursos, se destacó la importancia del principio de la “conservación de la energía para el flujo de fluidos” de amplia aplicación en los sistemas de acueducto a partir de la fórmula de Bernoulli (1738) donde “en un flujo constante, “la suma de todas las formas de energía a lo largo de una línea de flujo es la misma en todos los puntos de la línea.” Esto sumado a desarrollos de hidráulica aplicada, generó la oportunidad para encontrar la solución a la utilización circular del agua lluvia, logrando su utilización directa y hacer posible que ésta “REGRESE” al nivel de la terraza desde el suelo, utilizando la energía potencial, cinética, hidrostática, y elástica. Con esta innovación y bajo la condición que, si la pluviosidad fuera siempre mayor que el consumo, se tendría un suministro constante de agua en los sanitarios, sin necesidad de recurrir al bombeo. Aquí radica la contribución especial de este proyecto por cuanto si contribuye a la sostenibilidad al utilizar un recurso sin impactar la naturaleza. No obstante, como la lluvia captada no es suficiente para satisfacer el consumo total, se tiene que almacenar en un tanque subterráneo para los periodos secos y recirculara con bombeo, esto es lo excepcional del sistema.

De entrada la viabilidad técnica del proyecto es posible iniciando con el principio de Pascal observable en los denominados “vasos comunicantes”, para el caso, al tener un tubo en forma de “U” el nivel de la red principal tendría que ser igual a la tubería de impulsión, es decir cinco metros por debajo del tanque aéreo, por lo que aquí es necesario incluir otra fuente de energía externa y corresponde a la “elástica” a través de la adición de un “golpe de ariete” que con una columna de 12 metros, tiene suficiente capacidad para impulsar cinco metros restantes desde el punto de nivel, para que el agua se deposite en el tanque de la terraza y así completar el circuito.

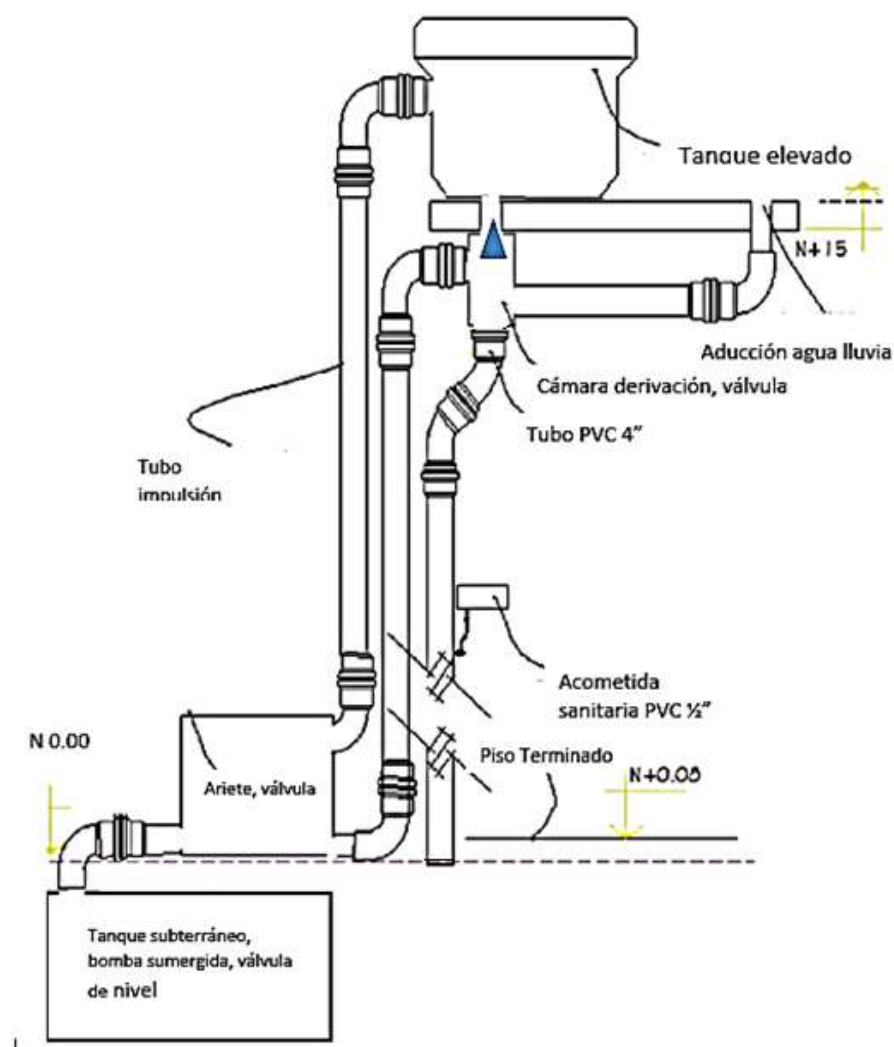
Como se tiene el suficiente respaldo conceptual desde la física y la hidráulica, además de su reiterada demostración en los acueductos se procedió a desarrollar un sistema de eficiencia que

permita el uso directo del agua a cero costo que se lo denomina dentro del proyecto como el “EFIPLU” (eficiencia pluvial), es un sistema que consta de una captación de agua (sumidero) en la terraza, este se encuentra instalado, sólo hay que descubrir el tubo de salida y complementar la conexión externa, luego llega a una cámara de derivación que controla el suministro a la red principal, el reboce y el tanque aéreo, posterior tiene un “ariete” en el nivel cero de donde se impulsa el agua hasta el N+ 15.00, donde también existe una cámara interna de derivación que posibilita el flujo hacia y desde el tanque subterráneo, este tanque construido a partir del N-3.00 almacena el agua sobrante que será recirculada con una bomba sumergible automática hasta el tanque elevado.

El funcionamiento inicia con el desnivel de la terraza que induce al agua hacia los sumideros, a partir de estos, mediante el tubo de la red de aguas lluvias llega a una cámara de derivación, esta afecta tres niveles así: el uno que es el paso directo del agua lluvia a la red principal y de esta a los tanques de los sanitarios, al tiempo que se cierra la tapa-válvula (nivel dos) del tanque aéreo, el tres cuando la red principal se llena, sube el nivel y se activa el rebose que alimenta la segunda red que la conduce hasta otra cámara ubicada en el suelo, donde está instalado un ariete que la impulsa al tanque aéreo y este cierra el círculo con la red principal, el remanente de agua del ariete se conduce al tanque subterráneo donde se almacena y queda disponible en el momento que deja de llover y se ha agotado la reserva del tanque aéreo, es cuando se activa la electrobomba por cambio de nivel e impulsa el flujo de agua al tanque aéreo que reinicia el ciclo a través de la red principal.

Como se observa la eficiencia de energía es elevada, mientras llueva no se requiere la electricidad, el sistema tiene la capacidad de autorregularse, allí radica la novedad por cuanto su autonomía es un beneficio neto para la sostenibilidad. De esta forma desde la Construcción se propone una alternativa capaz de adecuar un edificio tipo “túnel” a un sistema económico, eficiente y que no altera la estructura ni la estética de la construcción al tiempo que resalta su contribución con el ambiente.

Figura 13. Sistema hidráulico pluvial (EFIPLU)



La construcción de este sistema, no reviste complejidad dado que está conformada por tubería de aguas lluvias de alta resistencia con los accesorios PVC, existentes en el mercado que se cortan con segueta o pulidora, limpian y sueldan. Al respecto existe suficiente información en los catálogos de los fabricantes y en el especial en la NTC 1500 que no es necesario transcribirlas en este proyecto por cuanto se tienen que aplicar en el ejercicio constructivo.

Cálculo red de distribución

La dimensión de la red de distribución desde el tanque superior de almacenamiento se calcula utilizando la ecuación de Hazen –Williams, de donde se despeja el diámetro interno.

$$Q = 0,2785 * C * (D^{2,63}) * (J^{0,54})$$

Q= caudal (m³/s)

C= coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams

D= diámetro interno de la tubería (m)

J= pérdida de caga unitaria o pendiente de la línea de energía (m/m de tubería).

Q=1,1111E-05 m/s

C=150 pvc

D=?

J=1

$$D = [Q / 0,2785 * C * (J^{0,54})]^{(1/2,63)}$$

$D = [1,1111E-05 / 0,2785 * 150 * 1]^{(1/2,63)} = 0,003161838$ metros = pulgadas 1/8

Dado que comercialmente las acometidas sanitarias son a 3/4", y las domiciliarias de 1/2", se diseña para 1/2" dada la facilidad de accesorios.

Red principal

Dado que se conoce el diámetro requerido por el sistema, para esta red se toma otro criterio y es que pueda absorber los flujos variantes de la precipitación y sirva de almacenamiento. Para lo que se tiene presente la mayor precipitación registrada en un día correspondiente al mes de noviembre (114 milímetros) que corresponde a 0.83 m³ día, según cálculos propios para la terraza objeto del proyecto.

L= longitud tubo

D= ¿

V=Volumen= 1 m³

V= A*L

A= V/L = 1/12= 0,083 m².

A= A = $(\pi * D^2)/4$

$(A*4/\pi)^{(1/2)} = D$, entonces $D=(0,083*4 /3,1416)^{(1/2)} = 0,325$ m.

DIAMETRO

V=A*L

A= V/L 0,04166667

V= 0,5

1 12 |

A= $(\pi * D^2)/4$

D $(4A/\pi)^{(1/2)}$

0,16666667

0,05305152 CM

PULGADAS

0,23032916 23

9

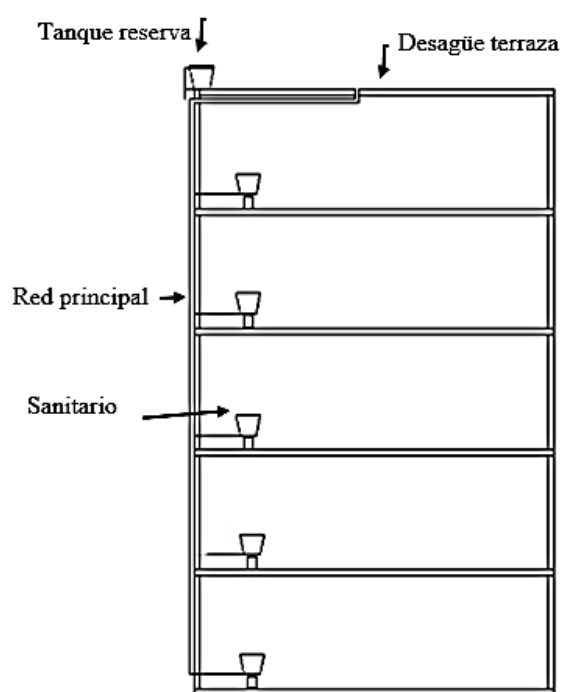
□

Con el 20% diámetro 4 pulgadas. de un día con máxima pluviosidad registrada (en el mes de noviembre) equivale a un metro cúbico y alcanza para medio día de descarga sanitaria, el 42% se almacena en el tanque de la terraza, debido que el ariete calculado tiene una eficiencia del 60%, y el 28% va al tanque subterráneo. Con esta distribución el sistema es eficiente, logra que el 72% sea impulsado por la gravedad.

Tabla 8 Simulación almacenamiento en un día máximo de pluviosidad

DETALLE	L/DIA	%
Pluviosidad máxima en un día	830	100%
Consumo	96	12%
pluviosidad menos consumo	734	88%
almacenamiento tubería	146,8	18%
Rebose	587,2	71%
Almacenamiento tanque aereo(eficiencia ariete 60%)	352,3	42%
Almacenamiento subterraneo	234,9	28%

Figura 14.
Sistema de captación y distribución de agua lluvia



Cálculo tanque subterráneo

El tanque se diseñaría para excedentes por un mes que corresponde a 13 m³, con un margen de seguridad del 10% se calcula para 14 m³. Con lo que las dimensiones libres son las siguientes: 4 m de largo, 3 m ancho y 1,2 m altura. Este se construye en concreto reforzado en inmediaciones al edificio en una zona verde con cero impactos espacial.

Sismo resistencia

Dado que la ciudad de Pasto es de alta sismicidad se tiene que cumplir con la NSR 10, específicamente con lo establecido en el capítulo C.23, referente a tanques construidos en concreto reforzado con el fin de que mantenga su funcionalidad ante la ocurrencia de un movimiento tectónico, para evitar la ocurrencia de agrietamientos, que sea impermeable, poca rugosidad entre otras características favorables.

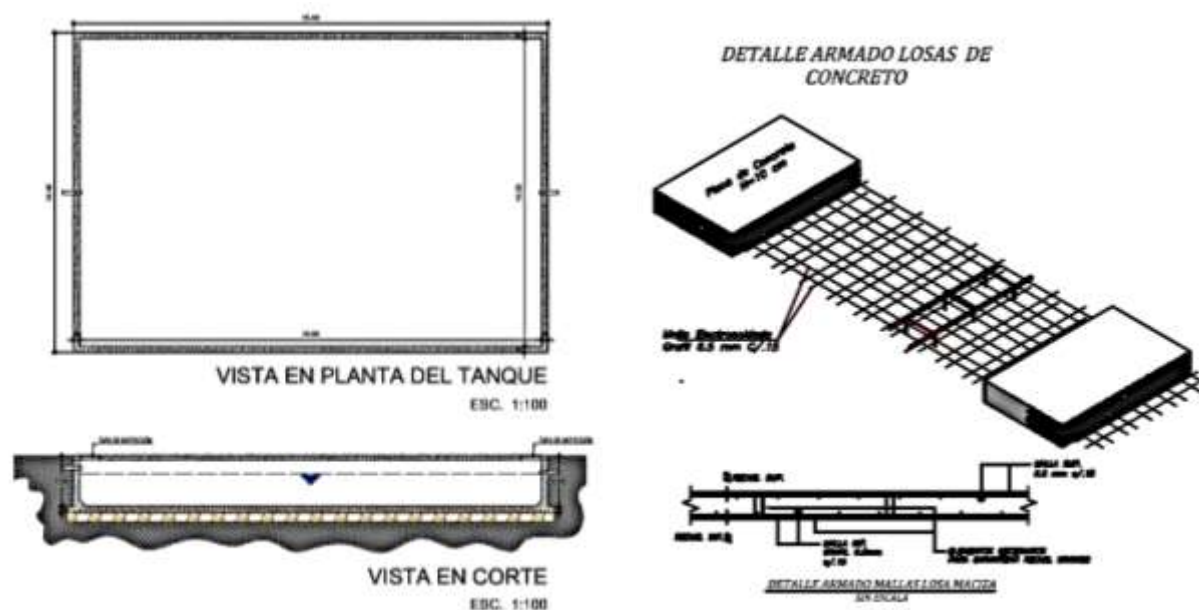
En cumplimiento la NRS10, el concreto debe ser de $f_c' = 28$ Mpa., hierro $f_y = 4200$ kg/cm² para diámetros mayores o iguales a 3/8" y $f_y = 2400$ kg/cm² para diámetros inferiores a 3/8".

Aunque cada diseño depende del criterio del calculista, se recomienda considerar experiencias similares que ha tenido buen comportamiento, por lo que se sugiere que los muros y losas tengan un espesor mínimo de 0,25m en concreto armado. con lo que la estructura con agua tendría una presión de 4,6 t/m² que representa el 50% de la capacidad portante de suelo deducida de soportar un edificio de cuatro pisos en concreto reforzado, lo que denota que supera las 10 tn/m². Por tanto no habría problemas de hundimiento o asentamiento diferencial.

Tabla 9:
Capacidad portante

	Carga muerta (D)	Espesor	Peso tn/m3	Area	Volumen	Carga
Tapa		0,25	2,4	12	3	7,2
Muro (4)		0,25	2,4	16,8	4,2	10,1
Fondo		0,25	2,4	12	3	7,2
Carga viva			0,5	12		6,0
Peso agua		1,2	1	16,8	20,16	24,2
Carga total toneladas						54,7
	$P = F/A$ $P=54,7/12$		4,6 tn/m2			

Figura 15. Tanque de almacenamiento subterráneo



Proceso constructivo

Inicia con la localización y el replanteo, en esta actividad se precisa el trazo de las tuberías, se recalcula la cantidad de materiales y se procede a instalar la cámara de derivación a la que conecta con la red principal, el rebose y el tanque, luego se procede a destapar la salida del

bajante de aguas lluvias el que se conecta mediante un tubo hasta la cámara. Terminadas las conexiones aéreas se procede a descender hasta el N 0.00, donde se instala el ariete y las válvulas de regulación y se unen las redes de impulsión y la del tanque subterráneo, en este se instala la bomba sumergible con el sensor.

Finalizada la pega y el anclaje de los tubos a la pared, se procede a realizar una prueba de funcionalidad y fugas para lo que se requiere hacer circular agua de la terraza y verificar en cada punto la funcionalidad y la solidez de las uniones. De resultar favorable la prueba se procede a realizar una limpieza general y a instalar el buitrón que cubre la red de tubería con el fin de conservar la estética en la fachada del edificio.

Mano de obra, equipo y herramientas

Se requiere una cuadrilla conformada por dos albañiles con experiencia en fontanería (PVC) más dos auxiliares, andamio flotante, arnes, cuerdas, pistola de impacto, taladro percutor, pulidora, segueta, espuma, franela y escobas.

Respecto a los materiales se necesita tubería, codos, uniones, reducciones, tapas de PVC, limpiador, soldadura (PVC), electroválvulas, flotadores y válvulas de fondo, ariete, bomba sumergible, tanque aéreo. Las especificaciones y cantidades dependerá del edificio que concedan el permiso para construirlo, para el caso del edificio objeto sería:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	- Tubería sanitaria 4" PVC Diámetro exterior promedio: 114.33 mm (4.5") - Diámetro interior promedio: <u>107.7 mm.</u> - Espesor mínimo de pared: 3.3 mm (0.13") - Longitud: 6 m. Presión atmosférica NTC 1087	5
2	- Tubería sanitaria 2" PVC diámetro exterior promedio: 2.5", diámetro interior promedio : 55.88 mm. - Espesor mínimo de pared: 3.3 mm (0.13") - Longitud: 6 m. Presión atmosférica NTC 1087	2
3	Codos 90° PVC, diámetro 4"	4
4	Codos 90° PVC, diámetro 2"	2
5	Uniones de PVC, diámetro 4"	12
6	Uniones de PVC, diámetro 2"	4
7	Electroválvulas	3
8	Flotadores	3
9	Bomba sumergible con flotador	1
10	Tanque PAVCO aéreo 1000 ltos.	1
11	Limpiador y soldadura PVC ¼ de cada uno	1
12	Cable cobre # 12, metros	40

Sistema de captación de energía solar

El avance tecnológico para lograr convertir la radiación del sol en electricidad, a través de los paneles fotovoltaicos hace que sea una alternativa acorde con la sostenibilidad a través de utilizar esta fuente limpia. Entre los beneficios de la energía solar se destacan ser renovable, ilimitada, limpia y no tener efectos adversos sobre el ambiente. Por lo que se considera una energía que favorece la sostenibilidad. Se destaca la versatilidad para la instalación de las fotoceldas, requieren una estructura mínima para soportar las fuerzas horizontales y verticales, dado su bajo peso y el ángulo de inclinación al se debe instalar éste va en un rango de 15 a 45 grados, lo que permite adecuar la terraza de los edificios “túnel” para generar energía.

Su fuente es la energía solar que en forma lumínica conformada por fotones absorbidos al momento de hacer impacto en una cédula receptora construida en silicio a la que se le transfiere la nueva energía que incide en el movimiento de los electrones produciendo una diferencia de tensiones que dan origen a una corriente continua de baja tensión debido al procesos de conversión fotovoltaica que inicia en las células del panel, que son dispositivos semiconductores, y luego se almacena en baterías, luego por medio de un instrumento inversor es transformada en corriente alterna, similar a la comercial para que pueda ser utilizada por los electrodomésticos. De esta forma es una alternativa nueva barata e inagotable para generar ahorro y sostenibilidad ambiental desde los hogares.

Plantas fotovoltaicas

Las unidades fotovoltaicas para la generación eléctrica están compuestas por paneles fotovoltaicos generadores, protección entrada, regulador de carga, batería, inversor, protección salida y conexión a la red.

Las instalaciones pueden ser aislada o conectada a una red, en la primera se destina solo al consumo de la vivienda y requiere baterías de almacenamiento, en el segundo caso se la asimila como una central eléctrica y puede entregar la energía generada directamente a la red eléctrica pública con el fin de ser comercializada. En el caso del proyecto será aislada.

Figura 16. Sistema fotovoltaico



http://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaicas.pdf

Panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico se forma células fotovoltaicas unidas por una interconexión en serie o en paralelo distribuidas y encapsuladas en una estructura de protección, que además de las células tiene los siguientes componentes:

Figura 17. Panel fotovoltaico



http://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaicas.pdf

Marco

Genera protección a toda la celda de allí que debe ser resistente a fuerzas y al óxido, además de ser liviano, por eso se construye en aluminio anodizado.

Vidrio frontal

Es una placa transparente en vidrio templado cuya función es de protección, pero sin interferir el paso de la radiación solar.

Encapsulante frontal

Es un relleno con acetato de etileno que recubre la célula protegiéndola de los agentes externos como humedad, polvo o elementos que las deterioren.

Encapsulante trasero

Esta placa sirve de protector y aislante está hecha con fluoruro de polivinilo que la hace resistente a los rayos ultravioletas y forma una unidad con el frontal.

Recubrimiento trasero

Es una placa metálica liviana y de alta resistencia que forma parte de la estructura de protección y de aseguramiento exterior.

Caja de conexiones

Es el punto de unión entre la conexión eléctrica entre células, al interior, con el cableado externo

Clasificación de paneles

En el mercado se ofrecen tres clases de paneles a saber monocristalino, policristalino y de capa fina, entre éstos existen diferencia de calidad y precio que se reflejan en eficiencia y durabilidad, por lo que su selección depende de las características propias de cada proyecto. Así los monocristalinos son fabricados con silicio de mayor pureza, por lo que su capacidad de transformar energía es mayor y por tanto ocupa menos espacio, el segundo y tercero se funden con contenidos de impurezas y su eficiencia es menor.

MONOCRISTALINO

Se reconoce a simple vista, ya que su superficie es uniforme. Expuestas a la luz actúan como un espejo grisáceo.



EFICIENCIA: 18% - 22%

POLICRISTALINO

Refleja la luz en forma no uniforme, pudiéndose observar las imperfecciones del cristal. Presentan una coloración azulada.



EFICIENCIA: 14% - 17%

CAPA FINA (FLEXIBLE)

Como su nombre lo indica estas células no poseen una estructura cristalina. Son más económicos. Se usa línea de producción continua. (Paneles transparentes y flexibles).



EFICIENCIA: 8% - 12%

http://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaticas.pdf

Regulador

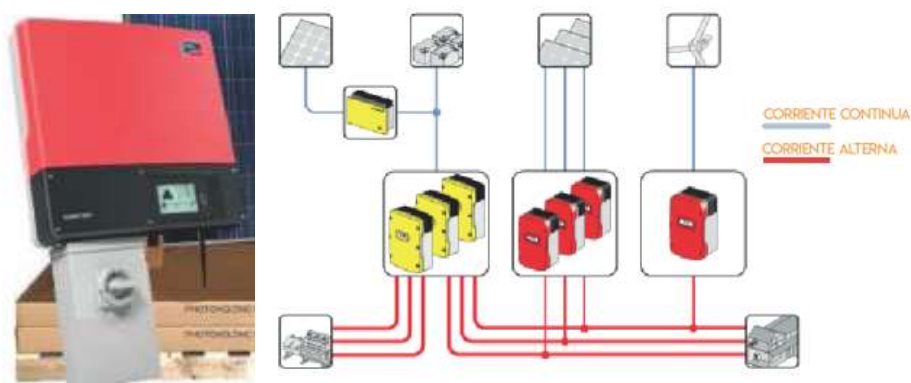
Este aparato controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías.

Baterías

Tiene especial importancia cuando se trata de un sistema cerrado, es la encargada de almacenar la energía eléctrica generada por las fotoceldas para generar el suministro en el horario requerido por el consumidor, también cumple función de regulador de voltaje. Para seleccionar una batería se debe conocer entre otras características las siguientes: la capacidad medida en amperios-hora (Ah), tiempo de descarga, factor de rendimiento, capacidad nominal, profundidad de descarga, vida útil, peso.

Inversor

Este aparato electrónico de potencia convierte la corriente continua a alterna al tiempo que sincroniza la frecuencia de la corriente acorde a la requerida por los electrodomésticos existentes en las viviendas.



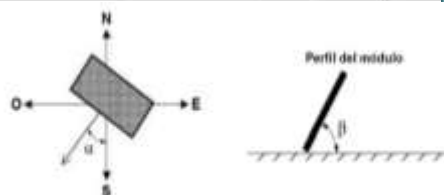
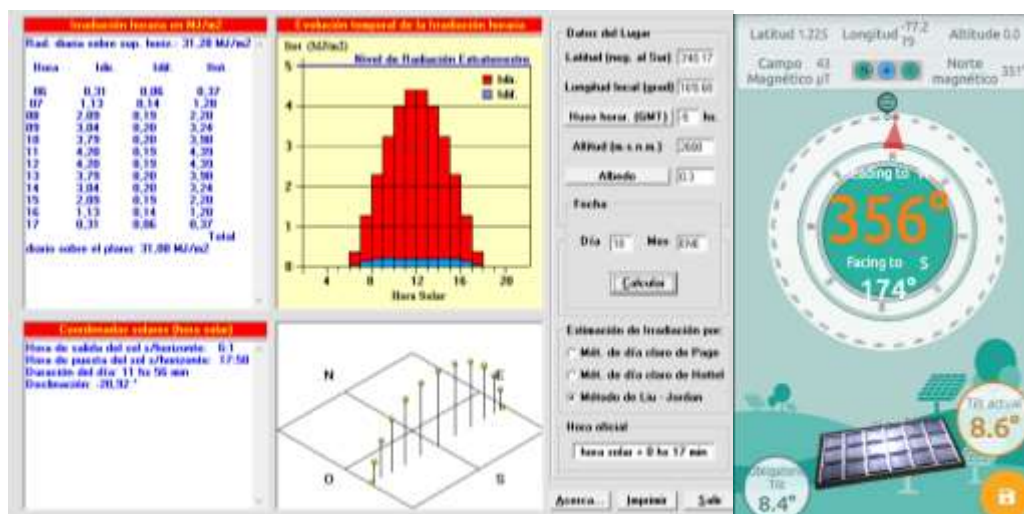
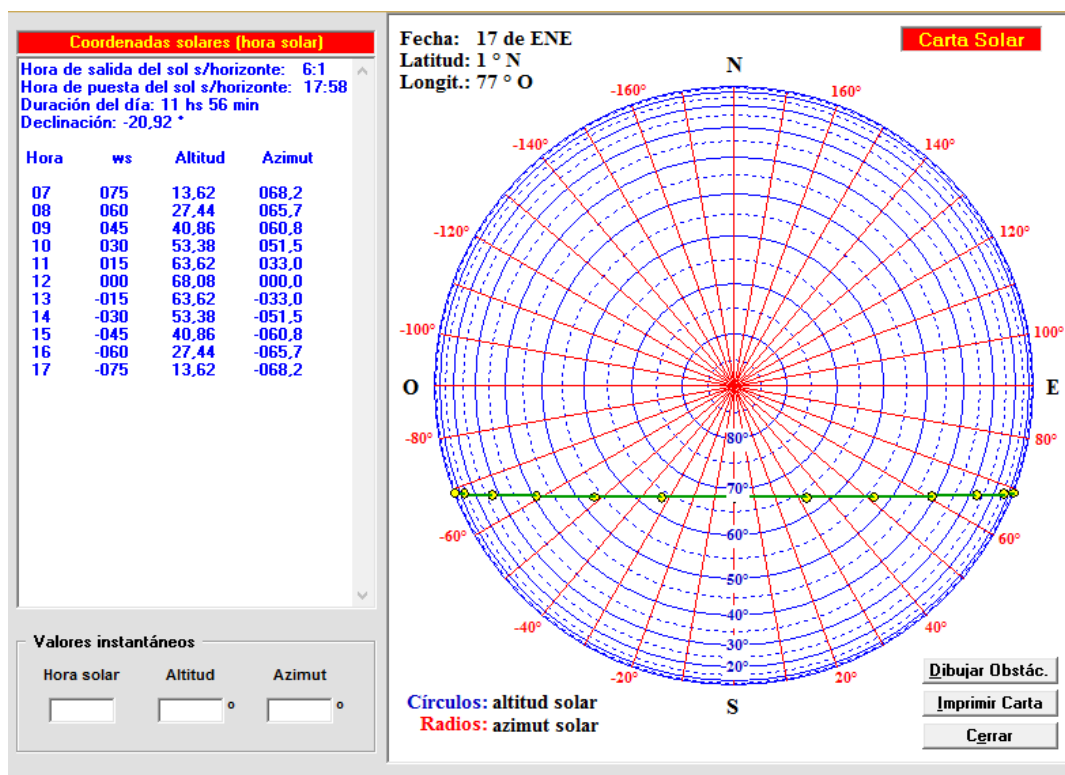
http://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaicas.pdf

Parámetros de diseño

Localización y replanteo.

Dado que la ciudad de Pasto se encuentra en el hemisferio norte, con coordenadas geográficas $1.12'49''$ ° N $77^{\circ}16'52''$ O, en grados, Este dato permitirá ubicar en el mapa solar el azimuth, el ángulo del sol, la orientación, el ángulo del panel y lo más importante la cantidad de radiación solar. Las orientaciones de los paneles solares deben mirar a la línea ecuatorial, por lo que la orientación sur es para aquellas instalaciones situadas en el hemisferio norte terrestre, y orientadas hacia el norte para las instalaciones situadas en el hemisferio sur. El edificio está en el hemisferio Norte. No obstante, la orientación no debería ser fija en razón a que la posición de la tierra respecto al sol cambia por hora y mes, por lo que es importante instalar equipos de seguimiento para elevar el rendimiento. Dado que en el edificio no existe esta posibilidad se consultó algunos proveedores y recomiendan una orientación en sentido sur-oeste.

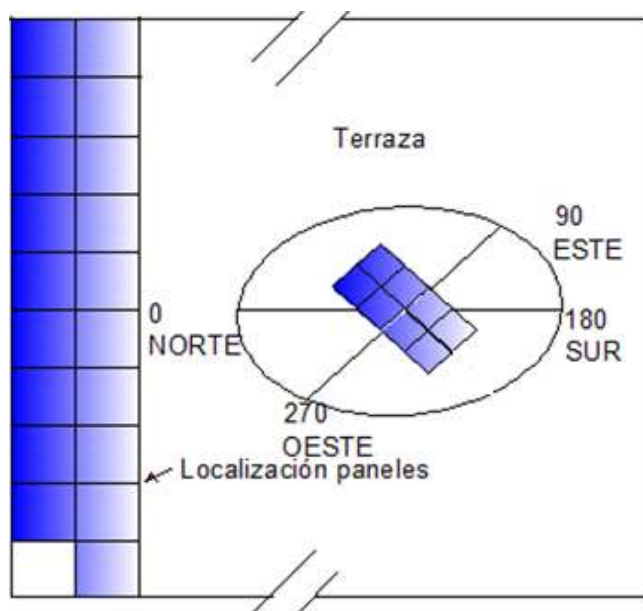
Para el caso del proyecto a ejecutarse en la ciudad de Pasto, se utilizó el software GEOSOL V.2.0 de la universidad nacional de Salta Argentina desarrollado por el físico Alejandro Hernández, modelo computacional que confrontado con datos nacionales resulta confiable por los modelos que utiliza. Estos fueron los resultados en el lugar donde se encuentra localizado el edificio piloto de la ciudad de Pasto.



Representación del ángulo azimet

Inclinación del módulo fotovoltaico

Figura 18. Localización paneles solares



En términos de los grados de inclinación del panel, cumple cuatro funciones importantes tales como la línea perpendicular frente al sol, la auto limpieza de partículas, la evacuación de agua lluvia y resistencia frente al viento. Para efectos solares se utiliza la fórmula de Marcaos (2015)

$$B = 3.7 + 0.69 (L)$$

B= inclinación

L= Latitud del lugar en grados sexagesimales

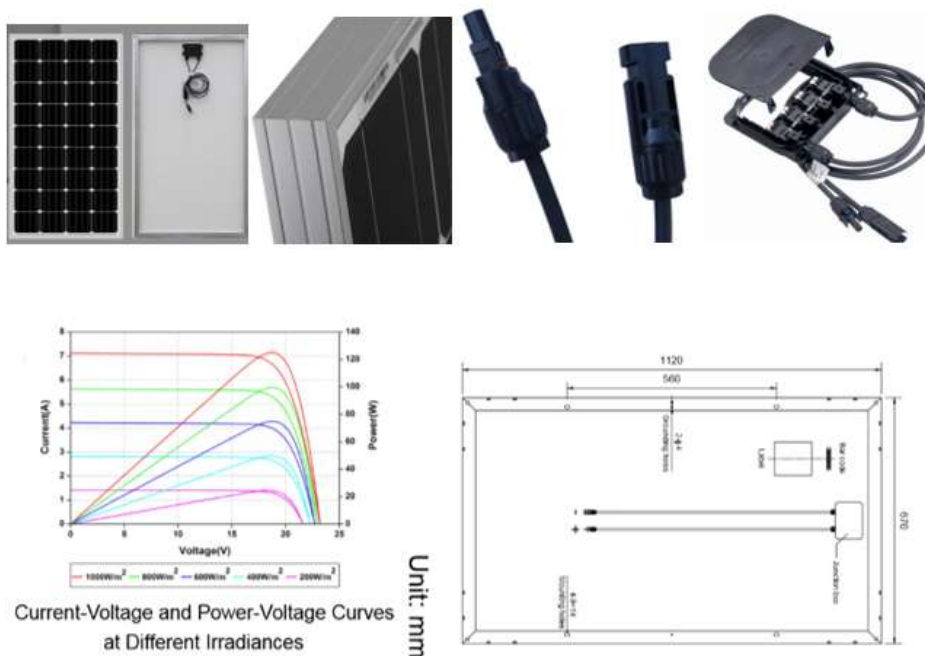
$$B = 3.7 + 0,69 (1,1249) = 4.47^\circ \text{ aproximada a } 5^\circ$$

Los fabricantes recomiendan mínimo 10 grados y para efectos de limpieza 15 grados. Se toma este último valor para reducir costos de mantenimiento, sin sacrificar la eficiencia del panel. En la gráfica siguiente se indica un corte de la forma como se construirá la estructura

desde la elevación del piso de la terraza en dos metros, luego la estructura para el soporte de los paneles con el grado de inclinación que a su vez da la altura.

Cantidad de energía

Puntual se encuentra que hay una radiación de 31 MJ/m^2 , que equivale a 8.61 kWh . Que si se utiliza un panel de silicio monocromático de potencia nominal de 120 W/h , se tendría energía equivalente de 1.02 kWh , que requeriría 9 paneles por seguridad, para cubrir los 8.3 kWh demandado por el conjunto de apartamentos de un solo edificio para suplir la demanda de alumbrado, inicialmente, con dimensiones de $0,67 \text{ m} \times 1,120 \text{ m}$ se requiere un área de $7,2 \text{ M}^2$, que para evitar sombras sólo se utiliza el 50%, entonces el área será de 14 m^2 . Un solo edificio, con lo mínimo instalado de 3.351 Kw año, estaría sustituyendo la energía equivalente a utilizar 1.576 litros de petróleo al año, y reduciría una tonelada de CO_2 . Además, el alumbrado interior les resultaría gratis.



<https://renogen.com.ar/producto/panel-solar-monocristalino-120w-12v-36-celdas-renogen/>

Estructura para soporte de los paneles fotovoltaicos.

La estructura se construirá en tubos estructurales de 6 cm x 4cms con dos centímetros de espesor, unidades de seis metros de longitud y con un peso de 3 kg/m, soldadura, epóxido, varillas de hierro número tres para anclaje, ángulo y tonillos auto perforación, que es suficiente para soportar 11 kgs de cada panel que en total serían 100kg. Y no afectaría la capacidad de carga de la loza ni de la estructura del edificio.

Figura 19. Corte estructura paneles

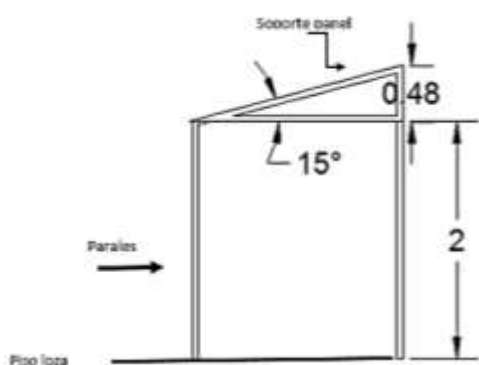
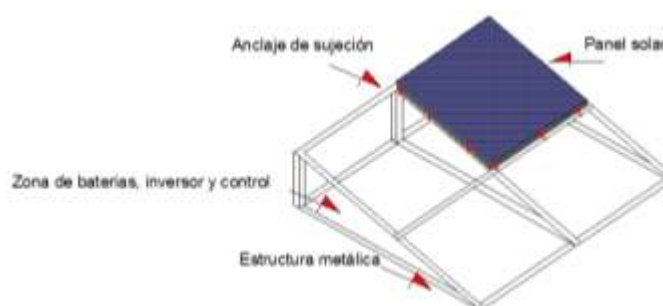


Figura 20. Isométrica estructura

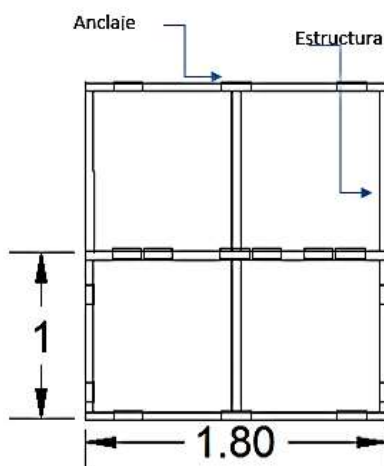


Con estos elementos y dado que el edificio cumple con esta orientación mencionada, se procede a ubicar la estructura fabricada en tubo de hierro, sin sacrificar espacio de la terraza, por eso se elevan los soportes de los paneles en dos metros del piso mediante paralelos de tubo cuadrado que se unen a la terraza a través de platinas de 20 x 20 cm. Para evitar punzamiento en la loza, estas se aseguran con tornillos tipo pernos no expansivos, se utiliza como adherente material epóxido tipo Sika, que impide la ocurrencia de agrietamientos.

La estructura monolítica conformada por tubos rectangulares de 6cm x 4cm y espesor de 2 mm está unida por soldadura en su totalidad, lo que da rigidez y estabilidad para mantener quietas y protegidas las fotoceldas al igual que las instalaciones eléctricas. Los paneles se sujetan a la estructura mediante anclajes metálicos que son unas platinas inoxidables en forma

de “S” que une la superficie del panel con la del tubo estructural mediante tubos auto perforantes, evitando movimientos verticales y horizontales.

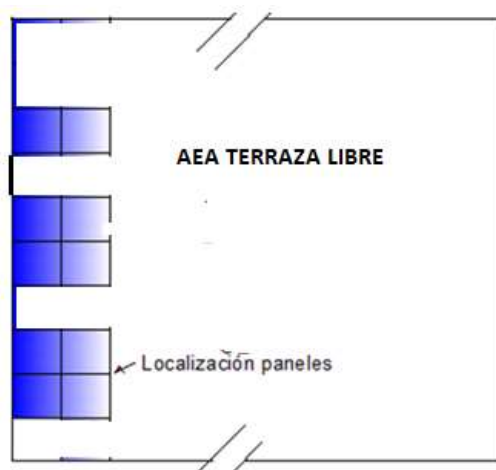
Figura 21. Paneles distribución en planta.



Condiciones del techo donde se ubicarán los soportes.

Es una losa de 0,12 m de espesor en concreto de 21mpa reforzado con malla electrosoldada soportada monolíticamente en los muros del edificio, contruidos en el mismo material, que tiene suficiente resistencia para soportar esta carga adicional.

Figura 22. Terraza



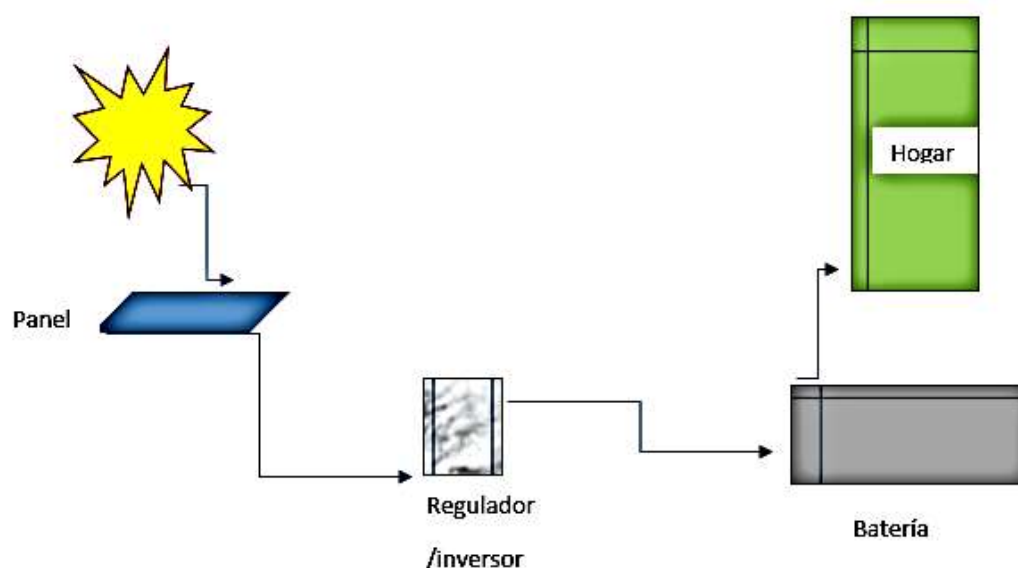
Adquisición sistema de energía solar

Se requiere realizar cotizaciones para lograr el mejor precio de un producto comercial con marca reconocida, de alta eficiencia en conversión energética, duración y mínimo mantenimiento, se sugiere inicialmente que las fotoceldas sean de silicio mono cristalino con eficiencia superiores al 14%, baterías de litio, regulador e inversor integrado. Existen proveedores locales, cuyos precios compiten con los anunciados en páginas de internet. Es preferible adquirirle a una empresa establecida en la ciudad de Pasto por el agregado de la asesoría complementaria directa.

Para la captación y suministro de energía se va a montar un sistema autónomo compuesto de paneles fotovoltaicos, baterías, regulador de carga e inversor, lo que permite disponer de un suministro constante de energía que se acumula durante el día.

Las energías captadas por los paneles pasan por la unidad de regulación que evita el paso de picos altos de energía, éste también funciona como inversor que se encarga de convertir la energía de 12 voltios almacenada en las baterías a 110 voltios, que es la electricidad comercial. Todo este subsistema se almacena en un lugar seguro.

Figura 23. Sistema energía fotovoltaica



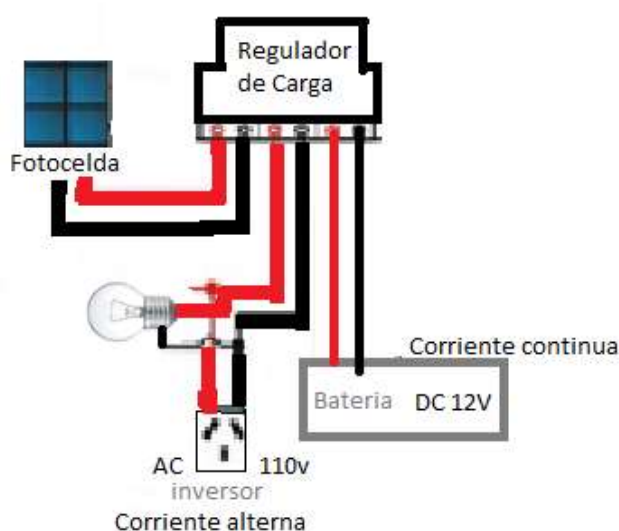
La celda seleccionada corresponde a las de silicio mono cristalino, considerando que tienen la mayor eficiencia (14-20%) y una vida útil de 41 años, es decir, es la mejor decisión técnica y económica, por el espacio que ocupan y mínimo mantenimiento, con su duración el costo del proyecto a valor presente neto es bajo.

Cableado

Una vez se han instalado los paneles y verificado la estabilidad, se procede a unir los cables de los paneles para que estos queden en serie y luego se conecta a la red principal que termina en el break del subsistema regulador/inversor baterías, desde donde se alimenta la red de los apartamentos. En esta actividad se tiene que seguir exactamente las instrucciones establecidas en el manual del fabricante.

Dado que los cables externos a los módulos están expuestos a la intemperie es necesario que tengan un revestimiento doble, con resistencia a rayos UV, humedad, altas temperaturas, partículas suspendidas, resistente al fuego, entre otras características para garantizar la confiabilidad del sistema.

Figura 24. Red eléctrica



Previo al funcionamiento se realiza una prueba durante dos días para verificar carga de energía y funcionamiento de todo el sistema con el fin de recibir a conformidad acorde a los lineamientos de la garantía.

Luego se realiza la limpieza total, se verifica la seguridad para el sistema y los eventuales visitantes a quienes se les explica el sistema y el significado de la señalética de prevención.

Culminado este proceso se hace entrega a los residentes en el edificio mediante una exposición que a la vez sirve de capacitación. En todo el proceso es fundamental del proveedor en especial aplicar las instrucciones existentes en los manuales del fabricante.

Mano de obra, equipo y herramientas

Se requiere una cuadrilla de tres personas, integrada por un soldador, un instalador y un ayudante, todos con certificado en alturas y afiliados a seguridad social y con equipo de protección.

El equipo está conformado por una grúa pluma portátil, un equipo de soldadura portátil, pulidora manual, taladro percutor, taladro atornillador, compresor pistola pintura, pinzas, alicate, cautil, martillo y juego atornilladores.

Sistema de calentamiento solar de agua

Esta posibilidad se contempló en el caso de no lograr la meta de ahorro de energía, se la deja enunciada en caso de requerir calentar agua para el baño diario, siendo una acción complementaria a la central del proyecto.

Los sistemas calóricos no requieren de diseños para su instalación, por cuanto son unidades cerradas móviles que aprovecha la energía calorífica del sol para elevar la temperatura de los fluidos contenidos en los tubos que transfieren este calor a los conductos de cobre por

donde circula el agua, a través del efecto “termosifónico” todo el sistema puede llegar a ocupar un área aproximada dos metros cuadrados

Sería necesario la instalación de las redes de agua que para el caso se utilizará el mismo buitrón para el agua lluvia por donde se llevará las redes de agua caliente.

Figura 25. Sistema calentamiento agua



Fuente : <https://como-funciona.co/un-calentador-solar/>

Estos dispositivos los venden listos para instalar, por tanto, sólo se requiere determinar la demanda de agua para cada familia y con esta el proveedor dispone del equipo, están compuestos por tubos al vacío, un tanque de almacenamiento recubierto en poliuretano, una resistencia eléctrica, protectores y estructura metálica. Todo el sistema está integrado y se ajusta al espacio disponible.

Bombillas led y sistema de sensores

Las bombillas de tecnología identificada con la sigla LED (*ling emitting diode*), son diodos emisores de luz, se caracterizan por su bajo consumo de energía en comparación con las incandescentes de uso habitual debido a la eficiencia lumínica versus los watts consumidos. Se

tiene que 10 w en LED equivale a la luminosidad producida por una bombilla convencional de 75 watt. De esta forma se ahorra energía sin sacrificar la comodidad.

Dado el ambiente frío de las construcciones tipo túnel se recomienda instalar LED con blanco cálido (27000 k), con un índice de rendimiento cromático entre 80 y 90 que no distorsiona los colores y entre 6 a 12 w para asegurar claridad a través del flujo luminoso. De esta forma se contribuye tanto al ahorro de energía como al confort de los residentes. No todas las lámparas LED son apropiadas para un uso específico.

Para completar la solución de ahorro se deben incluir los sensores de movimiento que regulen el encendido y apagado de las bombillas. Este elemento se encuentra una gama variada en precios y calidad, van desde elementos separados hasta los mini integrados que no requieren de instalación especial, se pueden graduar el tiempo de servicio, por lo que el consumo de energía se reduce al activarse sólo con la presencia de las personas, evitando tiempo de consumo sin utilización.

Confort

Como complemento al proyecto de sostenibilidad también se podría proponer para otros momentos elevar el confort entre lo que se ve posible la distribución en los espacios de la terraza para el secado de ropa se sugiere realizarlos en láminas de poli estireno con malla, con el fin de que la carga muerta sea mínima y su construcción además de ser limpia sea rápida.

Se sugiere que la distribución del espacio sea igual para todos. Por tanto, no requiere de un diseño complejo. Considerese esta iniciativa que aunque no es parte del proyecto profesional

no se podía omitir una potencialidad para mejorar la comodidad de los residentes en esta clase de apartamentos.

Figura 26. Corte pared terraza ropa

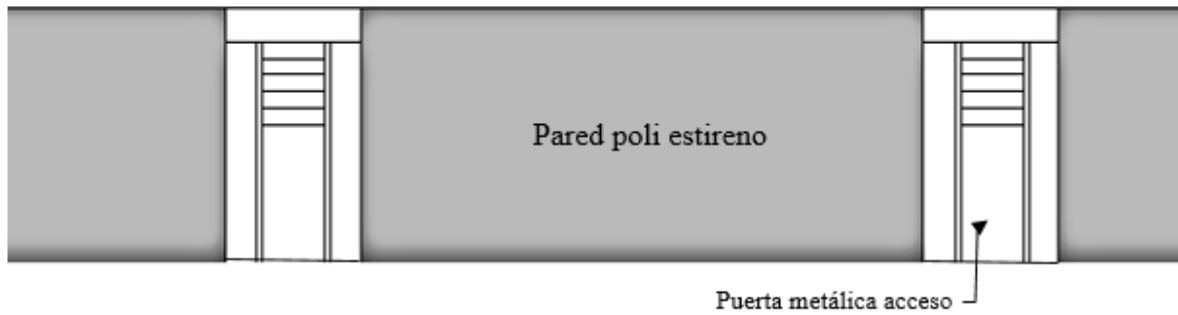
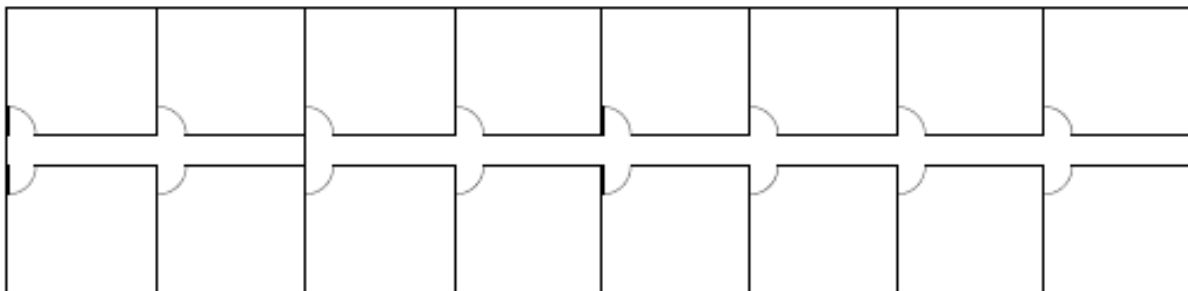
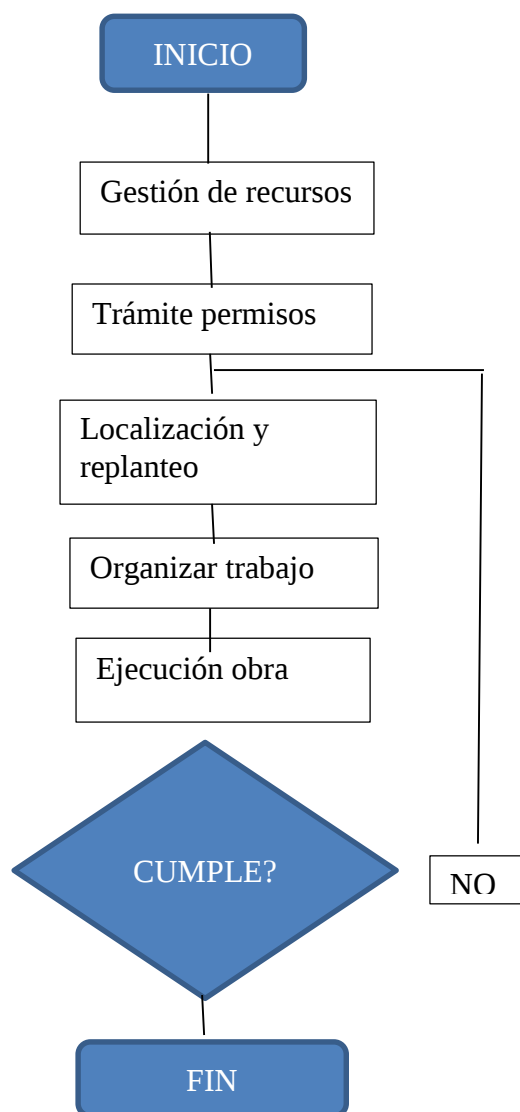


Figura 27. Distribución en planta



Procedimiento

Presupuesto

El presupuesto es indicativo, las cifras incluyen mano de obra de instalación, se calcula con base en pre diseño y consultando trabajos similares en el mercado, se estima que la inversión ronda los cincuenta millones de pesos, financiables por parte del MINVIVIENDA, el Municipio y recursos de regalías.

Tabla 10:
Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL ITEM
1	Agua lluvia					18.030.000
1.1	Localización y replanteo	GBL	1	350.000	350.000	
1.2	Cálculo estructural	GBL	1	800.000	800.000	
1.3	Tanque subterráneo concreto	m3	10,2	1.200.000	12.240.000	
1.4	Redes hidráulicas	ML	48	35.000	1.680.000	
1.5	Electroválvulas	UN	8	220.000	1.760.000	
1.6	Bomba sumergible	UN	1	1.200.000	1.200.000	
2	Energía solar					
2.1	Paneles instalados	UN	10	350.000	3.500.000	9.500.000
2.2	Batería y accesorios	UN	5	600.000	3.000.000	
2.3	Estructura	GBL	1	3.000.000	3.000.000	
3	Secadero ropa					12.172.020
3.1	Muros División	M2	180	34.289	6.172.020	
3.2	Puertas	UN	20	300.000	6.000.000	
	TOTAL DIRECTOS					39.702.020
	INDIRECTOS 25% AUI					9.925.505
	TOTAL PRESUPUESTO					49.627.525

Cronograma

La planificación de las actividades que dieron lugar al resultado plasmado en este documento se realizó dentro del tiempo establecido para formular y sustentar el proyecto profesional, que dada la actualidad el tema puede ser objeto de gestión externa para que sea llevado a la práctica.

ACTIVIDAD	MESES				
	I	II	III	IV	V
Presentación proyecto					
Observaciones					
Sustentación					
Aprobación					
Publicación					
Gestión externa.					

Conclusiones

Lo que se demuestra, más allá de un ejercicio técnico, es que la ausencia de una ética ambiental entre los ciudadanos y sus gobernantes no permite afrontar la crisis desde lo inmediato y próximo a las capacidades de todos: su hogar, como principal centro consumidor de agua y energía, pero que a la vez cuenta con una oferta gratuita de estos recursos en forma de pluviosidad y energía fotovoltaica, cuyo aprovechamiento compensaría el déficit existente entre la oferta y demanda mundial que no demanda macro inversiones sino decisión y creatividad para implementar acciones pequeñas que en conjunto generan significativos ahorros, cuya magnitud haría sostenible cualquier población y se daría un “respiro” al ambiente. Un solo edificio, el escogido como piloto, con lo mínimo instalado de 3.351 Kw año, estaría sustituyendo la energía equivalente a utilizar 1.576 litros de petróleo al año, y reduciría una tonelada de CO₂. Además, el alumbrado interior les resultaría gratis.

Las construcciones industriales tipo túnel (Outinord) masivas, señalas de carecer de un diseño sostenible, se convierten en una oportunidad para aprovechar la pluviosidad y la energía solar, por su densificación y similitud de diseño, se pueden adecuar al modelo de sostenibilidad mediante la implementación de medidas ACTIVAS, con una inversión viable, con técnicas demostrables y en menos de 15 días.

La propuesta del proyecto profesional, en este edificio piloto, demuestra que se logra ahorro en energía eléctrica del 50% del consumo actual y en agua el 50%.de las descargas por uso del sanitario, esta última, limitada por la pluviosidad, la densidad habitacional y el área insuficiente de la terraza.

Desde la Construcción en Arquitectura e Ingeniería se logró proponer un sistema hidráulico pluvial de alta eficiencia al recircular por gravedad el 72% del agua lluvia, con cero costos de energía para iluminación y mínimo impacto en la estética de la fachada, lo que denota la formación integral de esta profesión, que está a tono con las experiencias mundiales tomadas como referentes, con la diferencia que el proyecto se enfoca para gente de bajos recursos económicos.

De perfeccionarse e industrializarse el modelo, se podría implementar en todo el país como obras complementarias a las viviendas financiadas por el MINVIVIENDA. Por lo que sería una propuesta universitaria de utilidad en el impacto ambiental, dada la considerable cantidad de estas edificaciones esparcidas en Colombia, destinada a gente pobre que por sus propios medios no podrían elevar su bienestar.

Los países desarrollados están en la senda de la sostenibilidad, demostrando todas las ventajas y nosotros ya dimos el primer paso para hacer realidad un proyecto que inicialmente era un requisito de grado pero que tiene todas las posibilidades para materializarse en el corto plazo.

Legalmente el Constructor en Arquitectura e Ingeniería sí puede realizar esta clase de propuestas y ejecutarlas con el concurso de los profesionales de diseño, según la Ley 1229 del año 2008.

Bibliografía

- CHAVARRÍA Olarte, Marcela, (2017) Metodología para la elaboración de tesis
México ed. Trillas.
- GOMEZ Otero Israel. Diseño de Sistemas de Acueducto y Alcantarillado Universidad Javeriana. 2006.
- Colombia, Municipio de Pasto, Plan de Ordenamiento Territorial 2015 – 2027.
- Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015) Decreto 1077
Resolución 0549. Parámetros y lineamientos de construcción sostenible
y se adopta la guía para ahorro de agua y energía en edificaciones.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2019) Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible.
- BIENVENUE SUR LE SITE OUTINORD (2019). ¹ recuperado en www.outinord.fr
SENA, Exposición, recuperado en: www.es.slideshare.net/archieg/esposicion-sena-outinord
IDEMAN: Recuperado en ¹ www.ideam.gov.co
- LOPEZ Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería 2015.
- SEGURA Franco, Estructuras de concreto. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
- WORM Janeth,, Rainwater harvesting for domestic use, Agrodock 43 2006.
- SOLANES Beatriz, “INSTALACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y SU POSTERIOR USO” Trabajo Final de Grado (Noviembre 2015): Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia (ETSAV)
Universidad Politécnica de Valencia (UPV)