

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280733573>

Propuestas para la innovación en el Diseño y Construcción de Edificios Autónomos, Ecológicos, Sostenibles e Inteligentes

Research · August 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.1259.5041

CITATIONS

0

READS

51

2 authors, including:



William Ernesto Camilo

Universidad APEC

22 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sistemas geomáticos medioambientales [View project](#)

TÍTULO

EDIFICIO AUTÓNOMO SOSTENIBLE

Propuestas para la innovación en el Diseño y Construcción de Edificios Autónomos, Ecológicos, Sostenibles e Inteligentes

Autor: Ing. William Ernesto Rafael Camilo Reynoso, PhD.

Universidad Apec, República Dominicana



Figura 1.- Edificios ecológicos para un mundo nuevo

1.- RESUMEN

El gran crecimiento poblacional acompañado de la reducción de las áreas húmedas y bosques arbóreos protegidos; así como la desertificación de los suelos y áreas de cultivo, debido al uso inadecuado e indiscriminado de los recursos y reservas naturales; prevén en un futuro no muy lejano una gran escasez en las fuentes y medios de abastecimiento de **los alimentos** y de **los combustibles convencionales** requeridos por las personas para su sustento y vida normal.

Existen varias iniciativas encaminadas a revertir las causas de una hambruna futura y de un apagón global para los seres que habitamos la tierra. Con una visión de conservación de la raza humana y de los demás compañeros terrícolas, responsables debemos mantenerla, mejorarla y prepararla para sus legítimos dueños: nuestros nietos, biznietos, tataranietos.

Dentro de esas corrientes ecológicas sostenibles, se enmarcan las improntas de grupos preocupados por la agricultura en ambientes abiertos controlados, la agricultura en espacios cerrados, y la que se desarrolla en casas, edificios, y viviendas en general. Estas iniciativas manejan de forma responsable las huellas hídricas, administran los contenidos y consumos del agua, y explotan todas las bondades de las tecnologías de la domótica, inmótica, hidroponía, y control ambiental, para ser consecuentes con sus valores, y con la inminente pérdida de nuestro hábitat, y la prevención de las futuras pugnas y guerras, no por el petróleo, sino, por el agua, el aire, y la tierra fértil y la vegetación sana.

Es por ello que este trabajo de investigación desarrollado desde la **escuela de ingeniería de nuestra universidad**, - **vistos los nubarrones de mal agüero**- , pretende aportar su granito de arena para ser parte de las instituciones que se preocupan por la seguridad alimentaria, la sostenibilidad energética y de convivencia así como de la

habitabilidad de este mundo que nos ha tocado vivir en este momento y lugar histórico. Esta impronta trata de innovaciones en la: **producción alimentaria con hortalizas, legumbres, frutos, así como también en la producción de peces, pollos, conejos**, et. A través de "**fincas de penthouse**" sobre los techos, innovaciones en los colectores de energía termosolar, y en las materias primas que se utilizan como agregados de construcción, etc.

Se pretende el que mediante el uso racional de los recursos y reciclaje de los residuos orgánicos allí producidos, se produzca el abastecimiento de las necesidades perentorias de los inquilinos en: **alimentos, combustibles, y energía eléctrica**, entre otros.

Cabe destacarse reinterpretando al ilustre romano Marco Aurelio: que "Lo que beneficia a la colmena también beneficia a la abeja".

Palabras claves: seguridad alimentaria, fincas penthouse, edificios ecosostenibles, inmótica, corrientes ecológicas.

2.- INTRODUCCION

Nos hemos dispuestos a diseñar la distribución de las áreas de un edificio de características robustas, donde se puedan aprovechar las fortalezas de las aristas, y la concentración de los espacios físicos dentro del mismo, para potenciar el uso de la tierra, y la morfología de la estructura para la eficiencia ocupacional y la de la producción de los rubros alimentarios y de servicios requeridos por los ocupantes, sin tener que abandonar el entorno de la edificación para gerenciarse satisfacer casi todas sus necesidades.

Así a lo largo de este trabajo se presentarán primero los requerimientos de calorías de sus inquilinos, y luego el estudio de las áreas de cultivos y cría animal, requeridas para la autoproducción y la autonomía alimentaria de los mismos.

Por otra parte se aprovechan los desechos de las hortalizas, frutas, y residuos orgánicos de las sobras de comida, como del estiércol de los animales y las personas que habitan el Ecoedificio.

Así agua, luz, gas, ventilación, vegetales, frutas, huevos, carnes y pescados, serían parte del menú de productos a producirse y facilitar a los inquilinos.

De esta manera paso a paso vamos a presentar esos elementos y trataremos de irle dando respuestas a los requerimientos de los mismos, para entonces proceder a la definición de los pisos o niveles adicionales a los 4 de viviendas, que se requerirían para la obra completa.

3.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE NUESTRA INVESTIGACIÓN

Guía a través de los **Objetivos del milenio proclamados por la ONU**, sobre las necesidades a cubrirse en un futuro inmediato, y a la que pretendemos aportar a través de estas improntas de innovación:

3.1.- Seguridad alimentaria y hambre

3.1.1.- La seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria de un país se concibe como un sistema interrelacionado de producción, comercialización y consumo de alimentos, que debe garantizar a todas las personas el acceso físico y económico a los alimentos básicos necesarios para una vida activa y saludable, y es un concepto clave para explicar los niveles de subnutrición y desnutrición que afectan a la población en un momento dado. En la región se producen, por regla general, alimentos suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de todos sus habitantes. La mayoría de los países presentan un suministro de energía

alimentaria superior a 2,500 kilocalorías por persona al día, cifra que excede con creces el requerimiento mínimo de consumo energético de una persona adulta, de 1.815 kilocalorías. El problema del hambre en América Latina y el Caribe es más una consecuencia de la elevada desigualdad en materia de distribución del ingreso y consumo que de una oferta alimentaria insuficiente.

AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (24 PAÍSES): SUMINISTRO DE ENERGÍA ALIMENTARIA Y POBLACIÓN SUBNUTRIDA, 2000-2002

(En kilocalorías por persona al día y en porcentajes)

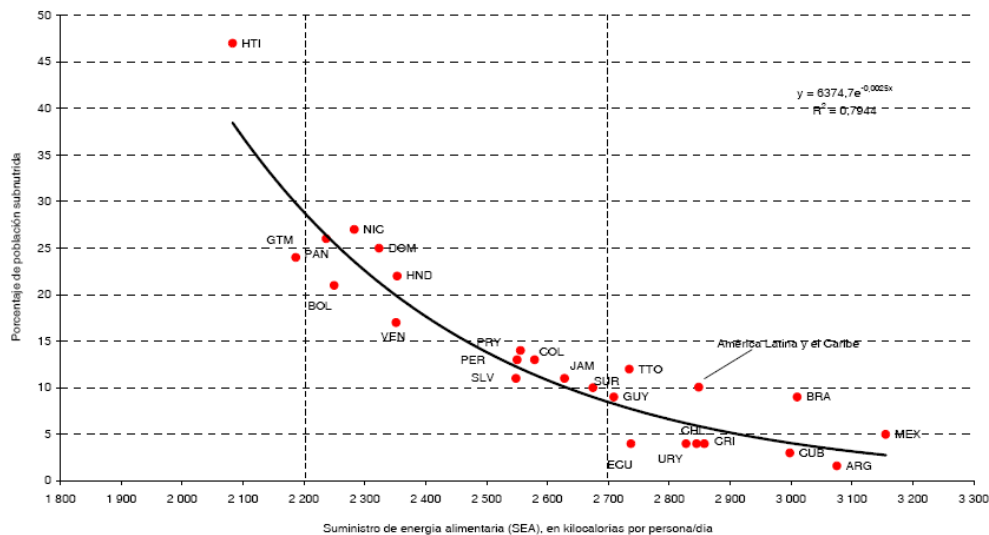


Figura 2.- Suministro de energía alimentaria y población subnutrida

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

3.2.2.- Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente

3.3.- Objetivo Metas Indicadores del milenio

- 1.- Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
- 2.- Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales e invertir la pérdida de recursos del medio ambiente
- 3.- Proporción de la superficie cubierta por bosques
- 4.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1.- Este trabajo de investigación universitaria está dividido en tres partes o bloques constitutivos, que lo conforman y/o lo sustentan

1.- **La innovación y aporte** a la **obra de ingeniería civil**, a través de la introducción a la producción y uso del "**Clinker ecológico**" - (mezcla de polipropileno y/o polietileno de alta densidad con el polvillo de la molienda o el aserrado de la madera)- para la elaboración del concreto y de los agregados a usarse en la construcción del **Ecoedificio**,

así como también con las innovaciones en la distribución eficiente de una **geometría configuracional** en forma de poliedro para su estructura física.

2.- **La innovación y aporte** a los sistemas de **captación de energía termosolar**, y en el **abastecimiento de agua potable** para el uso cotidiano de los inquilinos y de los regadíos internos, como también como para el **almacenamiento energético renovable** del Ecoedificio.

3.- **El análisis y la recolección de datos** para el cálculo de las **necesidades alimentaria** de los inquilinos del Ecoedificio, para dotar al mismo de las infraestructuras de producción de los rubros básicos de una dieta balanceada y rica en nutrientes, a través de **microgranjas** y **microfincas**, y de un **ecosistema respetable** de la naturaleza, mediante el manejo de los residuos y desechos orgánicos producidos por los ocupantes de los apartamentos, y de los animales, aves y plantas que tributan con una alimentación sana para los mismos.

Cabe destacarse el **manejo automatizado de los procesos** de ventilación, cantidad de luz, irrigación por **goteo hidropónico**, y el abonado orgánico de las plantas, a partir del compost como subproducto de los **reactores biodigestores**, mismos que se encargan de la producción de biogás para labores de cocina y del vapor de lavandería. Estos biodigestores también realizan la degradación de los elementos patógenos de los **productos reciclados** en ellos.

Por ultimo; se concluye este trabajo con datos de extrema importancia – a entender nuestro-, para que quien desee, pueda usar estos **aportes e innovaciones tecnológicas** de manera libre, como fuente de inspiración para trabajos futuros, y/o como base conceptual para avanzar en la **construcción de un hábitat digno y respetuoso de la madre tierra, para las generaciones presentes y futuras.**

5.- OBJETIVO GENERAL

Conceptualizar una propuesta para el Diseño y Construcción de Edificios Autónomos por Apartamentos, con Inteligencia Domótica, y con una Solución integral para la Seguridad Alimentaria, la Independencia Energética y la Eficiencia espacial habitacional, de manera Ecológica y Sostenible.

5.1.- Objetivos específicos

1.- Innovar en la implementación de **Microgranjas y Pequeñas Plantaciones** de hortalizas, legumbres, flores y frutales para **techos y penthouses**.

2.- Innovar en las **aplicaciones y diseños termodinámicos** para la transferencia de calor en Radiadores parabólicos y Calderas Termosolares para la producción de vapor de agua, agua potable y Energía eléctrica continua y constante.

3.- Innovar en el manejo espacial y el Diseño de la **geometría configuracional** de la estructura civil para hacerla más eficiente.

6.- EXPECTATIVAS GENERALES SOBRE EL EDIFICIO ECOLÓGICO AUTOSOSTENIBLE

6.1.- Eficiencia en distribución de los espacios, autonomía alimentaria, autonomía energética, seguridad, sostenibilidad y confort, de manera ecológica.

6.2.- Resultados a obtenerse

- 1.- Se espera diseñar un edificio ecológico que se pueda autoabastecer de los alimentos, combustibles, agua, y energía al servicio de sus inquilinos.
- 2.- Todos los desechos orgánicos serán reciclados para generar biogas, abono orgánico, etc.
- 3.- Se proyecta el que las acciones principales para el servicio de la gestión energética, y el control ambiental, entre otras cosas, puedan ser realizadas de forma automática, con el uso de un sistema inteligente de control y servomecanismos.
- 4.- Una parte de la energía eléctrica alternativa sería suplida por paneles fotovoltaicos y por pequeños aerogeneradores diseñados para medianas potencias (3.0 kw c/u) y bajas velocidades de viento (5 m/s), dado a nuestros inmensos recursos de viento y sol como lo muestran los mapas presentados, mientras que la otra parte de la energía eléctrica alternativa sería suplida por turbinas de vapor y turbinas Pelton.
- 5.- El edificio contaría con el servicio eléctrico normal de energía comercial suplido por la compañía local, utilizando un medidor de kwh bidireccional, para el pago neto de la diferencia entre el servicio eléctrico externo y el servicio eléctrico alternativo interno suplido por las renovables (paneles fotovoltaicos, mini-aerogeneradores, y las turbinas de vapor termosolar e hidráulicas tipo Banqui o tipo Pelton).

7.- EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES Y ENERGÍA. Y PRODUCCION ESPERADA PARA SUPLIR LA DEMANDA INTERNA

7.1.- Demanda de potencia

La Demanda de potencia de 1.75 kw/Apt. Para 63 kw. Para el edificio, Para 45,360 kwhr al mes y con una factura de energía eléctrica de \$ 13,608.00 a \$0.30 el kwhr.

7.2.- Biodigestor

Se calcula un Biodigestor de 10 mts³, para unos 2,500 galones líquidos, con producción de 18 a 20 mts³ de biogas/día a partir de todos los desechos orgánicos producidos en el Ecoedificio.

Nota: Se esperan ingresos por el concepto del biogas de \$18,102.00/mes y RD\$217, 229/año, que sustituiría el GLP, o Diesel necesario en las tareas domésticas de cocinar y/o de calderas de la lavandería común.

7.3.- Molinos de viento y Paneles Solares

Para un área de techo de 530.93 mts² se podrían acomodar suficiente paneles fotovoltaicos y pequeños molinos para suministrar la energía auxiliar requerida por el sistema termosolar en su arranque.

7.4.- Turbinas de vapor y microturbinas hidráulicas, para la explotación de radiación termosolar

Generación de **energía termosolar** para producir: agua potable, turbinación de vapor y agua, y almacenamiento energético para ser usado principalmente por las noches, en el orden de 200 kw durante unas 8 horas, con turbinas de vapor, mas unos 2.16 kw durante unas 16 hrs, por acción de la micro-turbinación hidráulica, para unos (1,600 kwhr + 41.84 kwhr = **1,641.84 kwhr**) por día, y de **49,255.20 kwhr** mensuales.

8.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

TEMA 1.

8.1.- Clinker ecológico sostenible

Se trata de un **material compactado** del tamaño de una munición de unos 3 mm. de diámetro, producto de la **peletización y troceado** de una varilla de “**plástico-madera**”, fruto de la conformación de un conglomerado de **policloruro de vinil y celulosa**, en una **mezcla termoformada** de **material de reproceso plástico** (preferiblemente **polipropileno**) proveniente de las fábricas de inyección, soplado y termoformado plásticos, y/o de los **residuos formados por piezas plásticas** rotas o en desuso que **contaminan el espacio**, más el **polvillo del aserrín del corte de la madera**, abundantes en los **talleres de confección de muebles, y/o en los aserraderos**.

El **clinker ecológico** (según el diámetro de la munición) podría sustituir en un alto porcentaje a la arena de grano grueso o de grano fino, para que ligado al cemento portland, piedras y gravilla se conforme un concreto de características ideales para la construcción civil de pisos y paredes, con características de excelente aislamiento térmico, y acústico.

Este producto de la **peletización del plástico** y la madera extruido a temperatura de fusión controlada, con durezas, texturas y densidades adecuadas, se podría perfilar como un posible sustituto de la arena, gravillas y piedras, que constituyen junto con el cemento o el yeso y el agua los elementos de la argamasa del concreto de construcción, piedra angular de las edificaciones de obras civiles, entre otras.

Con este aporte significativo en la conformación del concreto, se pretende bajar la demanda de los agregados obtenidos de las cuencas y lechos de los ríos, minas y playas, que son hoy día la causa principal de la merma de los caudales de los afluentes acuíferos, y de la extinción de los ríos debido a la infiltración de sus aguas al subsuelo, por la pérdida de su capa impermeable a nivel freático.

ESTRUCTURA DEL CLINKER ECOLOGICO

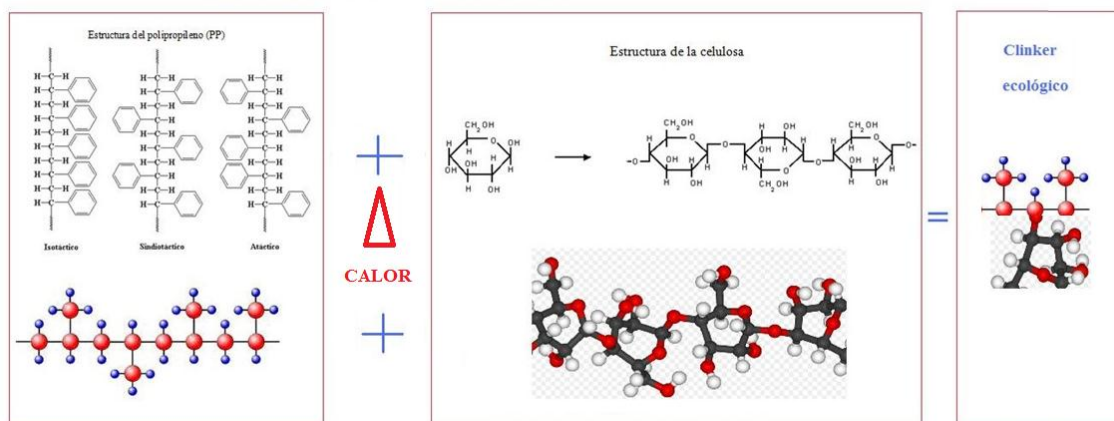


Figura 3.- Peletizado del **clinker ecológico** propuesto

8.2.- Peletizado por Moldeo de extrusión

En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en un flujo continuo. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta en la medida adecuada.

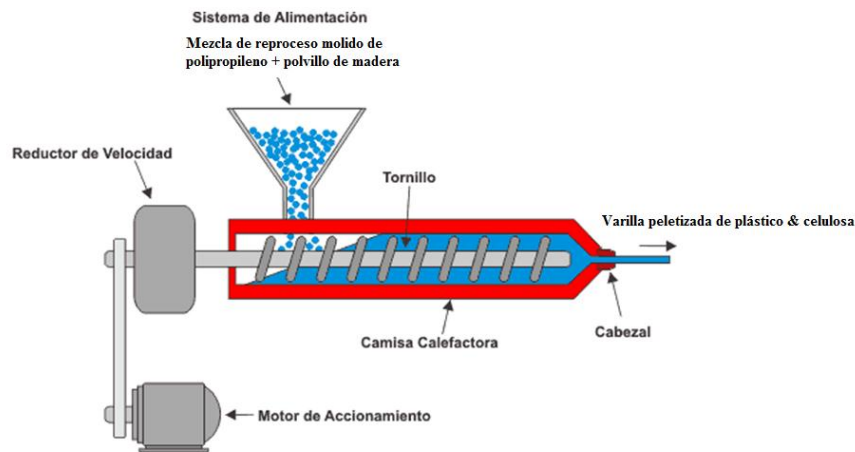


Figura 4.- Producción de la varilla peletizada de plástico & madera

Extrusión de film tubular para la peletización del **Clinker ecológico** propuesto de **(Polipropileno + Celulosa)**.

<http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>

8.3.- Propiedades del polipropileno (PP)

Las propiedades del polipropileno lo hacen ideal para las construcciones civiles en agregados de construcción y la construcción de piezas estructurales y de terminación, el polipropileno es un polímero que se obtiene a partir del propileno extraído del gas del petróleo. Es un material termoplástico incoloro y muy ligero. Además, es un material duro, y está dotado de una buena resistencia al choque y a la tracción, tiene excelentes propiedades eléctricas y una gran resistencia a los agentes químicos y disolventes a temperatura ambiente.

9.- ESTADO DEL ARTE EN EDIFICIOS ECOLÓGICOS

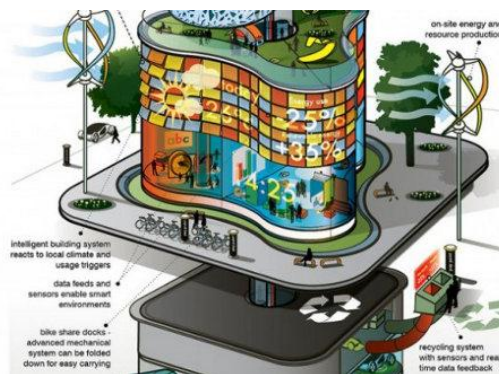


Figura 5.- Edificio ecológico como organismo vivo

<http://www.ecologiahoy.com/los-edificios-del-futuro-seran-ecologicos-y-functionaran-como-organismos-vivientes>

9.1.- Los grandes rascacielos y edificios del futuro

Los grandes rascacielos y edificios del futuro serán algo más de lo que ya son hoy en día. Serán estructuras muy inclinadas hacia el lado de la **ecología**, algo más que simples edificios de acero, cemento y vidrio. Estos edificios han sido vistos como seres

vivientes con inteligencia propia, según el equipo Foresight + Innovation de la firma de arquitectos Arup.

10.- ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE EN GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL VAPOR DE AGUA

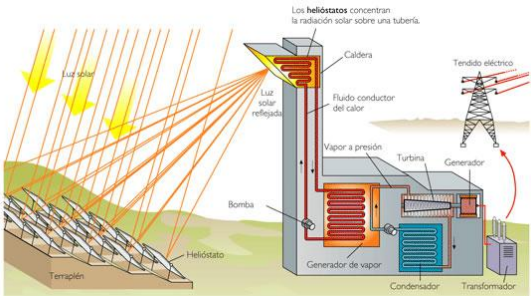
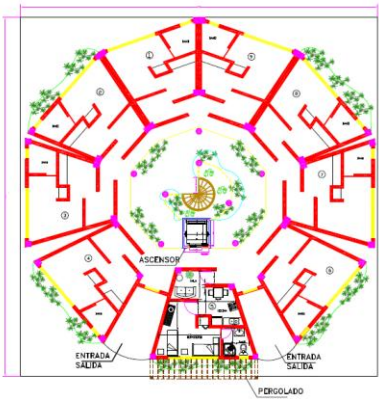


Figura 6.- Estado del arte con reflectores termo solares para generación eléctrica con intercambiador de calor interno

11.- DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN DE NUESTRA PROPUESTA

ECOEDIFICIO AUTONOMO SOSTENIBLE

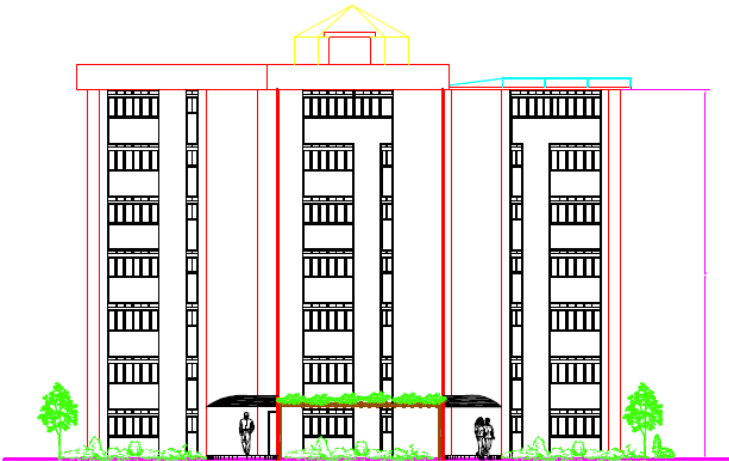


Planta Arquitectónica
SANTO DOMINGO NIVEL
ARQUITECTOS



Planta Arquitectónica
SANTO DOMINGO NIVEL
ARQUITECTOS

Figura 7.- detalle de planta de niveles superiores Figura 8.- Detalle de planta del primer nivel



ELEVACION FRONTAL

Figura 9.- Vista delantera

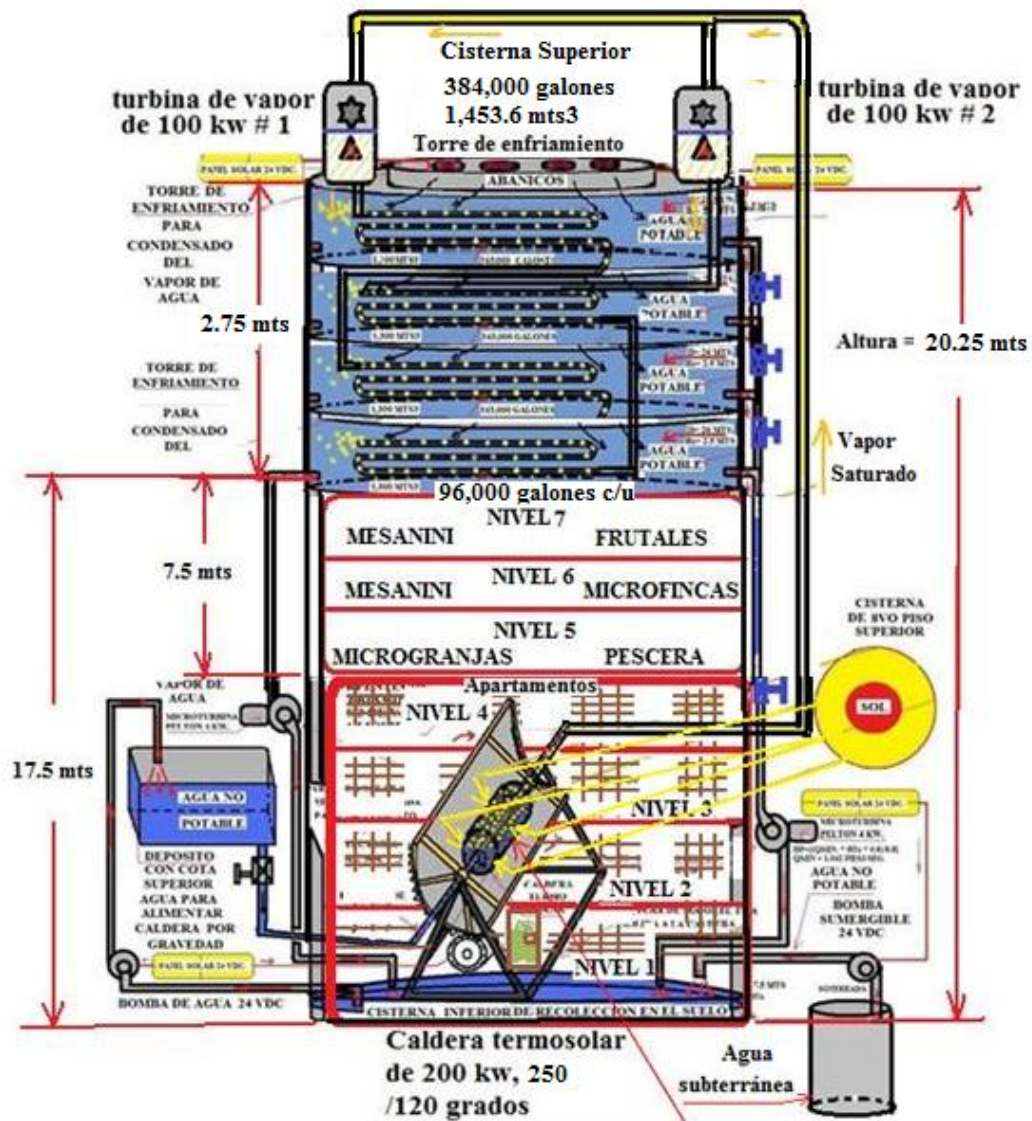


Figura 10.- Vista principal del proyecto con detalles de viviendas y del sistema de destilación y bombeo termosolar por efecto termosifón con almacenamiento estratégico del agua en cotas superiores del edificio.

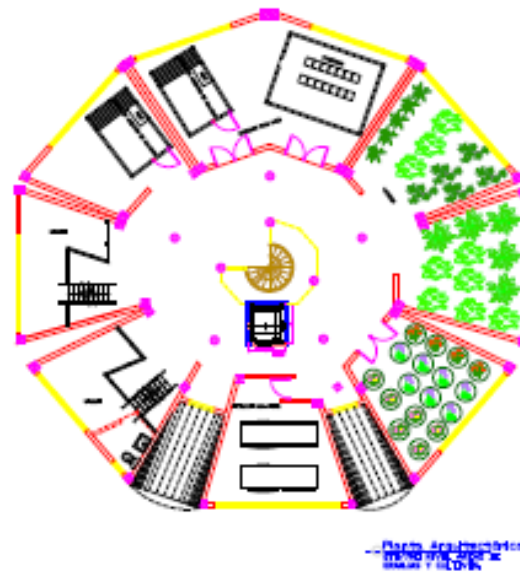


Figura 11.- plantas de niveles superiores para mesaninis de cultivos de hortalizas y frutales

11.1.- Caracterización del proyecto ecológico sostenible

- 1.) Edificio de forma nonagonal
- 2.) A construirse en Concreto y metal con 2.5 mts de altura para cada apartamento
- 3.) Para 11 niveles; 4 niveles para viviendas y 7 niveles para cultivos y crías de alimentos (2 mesaninis), producción de biogas y generación de energía eléctrica .
- 4.) 20.25 mts de alto y 26 mts de ancho
- 5.) 9 apartamentos por piso (nivel), para un total de 36 apartamentos estudio de 46 mts²
- 6.) 3 personas adultas por apartamento para 27 personas por piso
- 7.) 108 personas residentes en el edificio de 4 pisos para inquilinos y 3 pisos para granjas y cultivos
- 8.) Ascensor panorámico para 16 personas
- 9.) Escalera de caracol común
- 10.) Biogás y Energía Termosolar
- 11.) Domo y/o ventanales retraibles
- 12.) Agua potable y climatización ambiental automática
- 13.) Reciclaje de estiércol, aguas servidas y materia orgánica residual,

TEMA 2.

12.- NIVELES DE IRRADIACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

12.1.- Nuestro territorio

Nuestro territorio concentra un promedio anual de 6,09 KWh/m²/día, lo que para unas 2,800 horas de sol al año para República Dominicana nos da:

2,800 hrs del sol/365 días = 7.76123 horas/día, con una densidad de potencia por metros cuadrados a las superficies perpendiculares a los rayos del sol, para una radiación de potencia por metro cuadrado sería: 6.09 kwh/m²/día = 0.79387 kw. = **0.8 kw/mts²**.

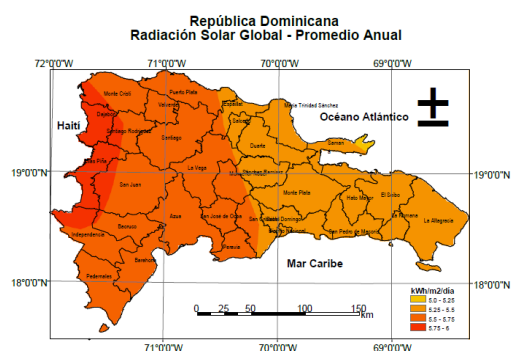


Figura 13.- Radiación solar en R.D.

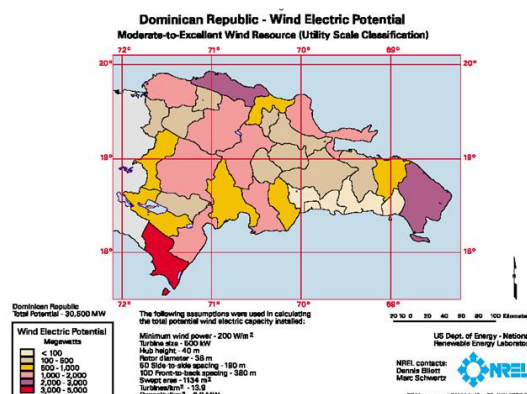


Figura 14.- Energía eólica en R.D.

12.2.- Datos de la Comisión Nacional de Energía "CNE"

Promedio de Generación de Energía Solar para Paneles Solares Inclinaados en la República Dominicana

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
kWh/m ² /día	6.04	5.95	6.11	6.77	6.21	6.48	6.08	5.86	5.72	5.71	6.19	6.01	6.09
Porcentaje sol/nubes	50.8 %	47.6 %	50.2 %	52.5 %	61.2 %	58.7 %	57.2 %	57.3%	58.4 %	52.0 %	49.4 %	49.7 %	53.8 %

Tabla 1.- Generación Solar en Dominicana

13.- MODELO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO ENERGÉTICO QUE A ADOPTARSE EN NUESTRO MODELO DE TRANSFERENCIA TERMODINÁMICA DEL CALOR [12]

13.1.- Caracterización del Sistema

La figura representa como la recepción de la energía solar a partir de los cilindros paraboloídes es transferida a través del aire al depósito de **la Caldera Termosolar Destiladora**, para que dicho calor produzca la **evaporación del agua** que se aloja dentro ella, produciendo el **vapor sobresaturado**, que se direcciona a las turbinas de vapor ubicadas sobre el domo superior del **Ecoedificio** por medio de **tuberías metálicas aisladas térmicamente**, este **flujo de vapor** aporta una energía térmica a la carga a través de los 2 generadores eléctricos de 100 kw movidos por sendas turbinas de vapor de 100 kw. c/u, para un total de unos 200 kw., mientras que otra parte de la energía transmitida por el colector paraboloide se pierde por efectos de convección en los soportes mecánicos de la caldera a través del aire circundante a la misma.

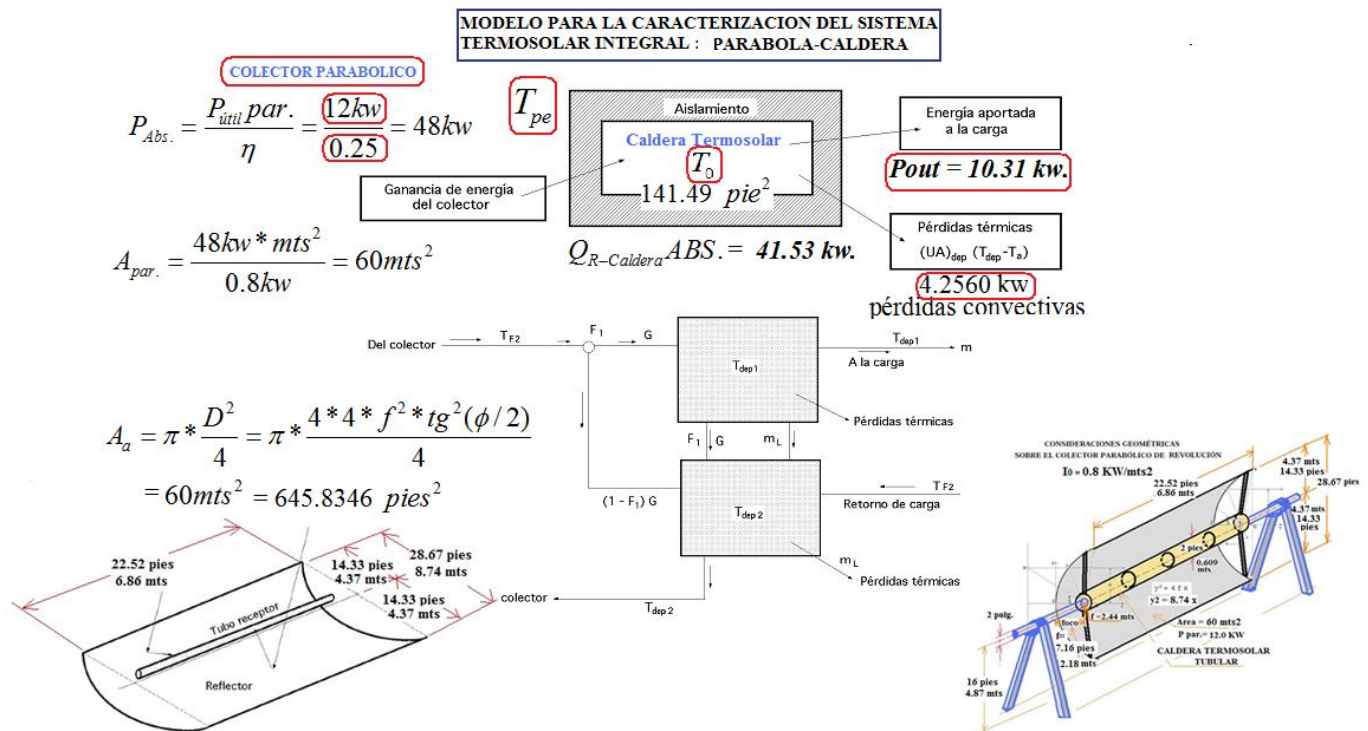


Figura 15.- Sistema termosolar integral

14.- GANANCIAS Y PERDIDAS TÉRMICAS EN EL RECEPTOR

14.1.- Detalles del Receptor

De toda la energía que incide sobre el receptor procedente del concentrador, una parte se perderá a la atmósfera por conducción-convección, y otra por radiación, de forma que tan solo una parte de la radiación incidente será absorbida y transmitida al fluido motor. Puesto que los dos tipos de transmisión de calor tienen lugar en paralelo, la energía recibida por unidad de tiempo y superficie se igualará con las pérdidas totales de calor, en el supuesto de que los alrededores se comporten como cuerpo transparente, es decir,

$$q_i = q_c + q_r + q_F = h_{CF} (T_{pe} - T_0) + \sigma \cdot \varepsilon_{pe} \cdot T_{pe}^4 + q_F$$

en la que, q_F es la energía transmitida al fluido motor a la temperatura T_e

q_c es la densidad de flujo térmico por conducción-convección

q_r es la densidad de flujo de calor por radiación

h_{CF} es el coeficiente convectivo de transmisión de calor es la constante de Stefan-Boltzman

ε_{pe} es el coeficiente de emisión del receptor, que dependerá de su geometría y del material de que está construido, y que supondremos aproximadamente 0.18

Considerando $q_r = \sigma * \varepsilon_{pe} * (T_{pe}^4 - T_0^4)$ como la **energía de ganancia**, por radiación, desde la **parábola solar** a la **caldera receptora**, a través del corto espacio de aire que los separa.

Podemos considerar que la pérdida de energía que experimenta el receptor por convección natural al aire, más la pérdida por convección forzada del fluido motor, es igual a la diferencia de energía radiante.

$A_R * \sigma * (T_{pe}^4 - \varepsilon_{pe} * T_{pe}^4)$ como la **energía de pérdida** por la **convección combinadas** del **aire y del agua** en la caldera, **como fluido motor** que resulta de contemplar al receptor como cuerpo negro y cuerpo gris, de superficie A_R , superficie lateral del receptor cilíndrico vertical).

A partir de la ecuación anterior se pueden obtener las temperaturas medias T_{pe} que adquiriría la superficie del receptor, para las distintas relaciones de concentración que lleguen a él, admitiendo que $\varepsilon_{pe} = 0,18$ que supone una energía disponible del 82% de la incidente, para todos los casos. El coeficiente de convección de nuestra caldera termosolar lo encontramos a través de la expresión $h_{l-vapor.agua-int.} = \frac{N_u * k}{x} = h_{ce}$; donde el número de Nusselt

$$N_u = 0.129 * \sqrt[3]{Gr_{28^\circ c} * Pr_{28^\circ c}} = 0.332 * Re^{1/2} * Pr^{1/3}; \text{ de donde se desprende}$$

$h_{ce} = \frac{0.129 * k * \sqrt[3]{Gr * Pr}}{L}$ donde Gr y Pr son respectivamente los números de Grashoff y Prandtl, k el coeficiente de conductividad térmica del aire y L la longitud del cilindro de la caldera termosolar receptora.

14.2.- Capas mecánicas y térmicas [13]

Pensemos en proceso de flujo externo de un fluido circulando sobre una superficie plana, unidimensional. El espesor de la capa límite es función del recorrido del fluido sobre el sólido.

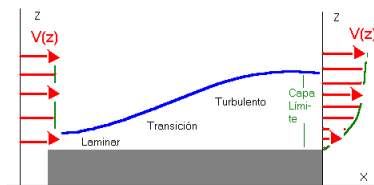


Figura 16.- Capa límite Térmica: número de Prandtl.

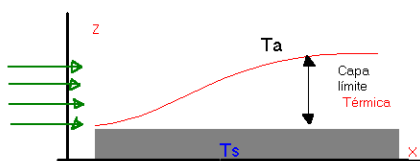


Figura 17.- Número de Prandtl (Pr)=(difusión del momento)/(difusión del calor)

$$P_r = \frac{g}{\alpha} = \frac{c_p \mu}{K}, \quad P_r = \frac{(J/KgK)(Kg/ms)}{(J/msK)}$$

- Es adimensional-

El número de **Prandtl**, sólo depende de las características físicas del fluido.

En función de su valor, el espesor de las capas mecánicas y térmicas sigue la distribución de las gráficas.

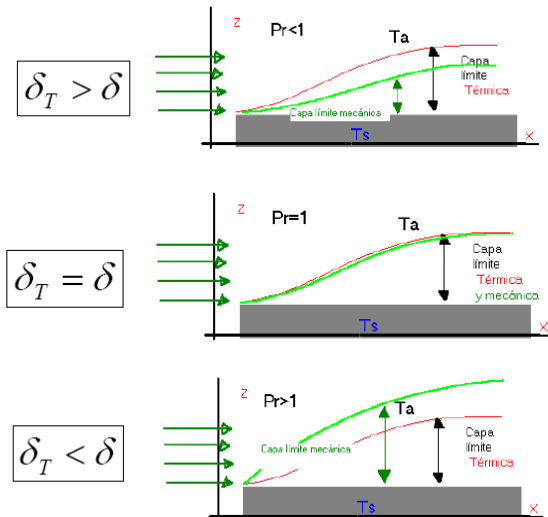


Figura 18.- Capas mecánicas y térmicas

Ahora retomando nuestro modelo conceptual y vista la teoría de fundamentación metodológica para la caracterización del mismo, establecemos el que como tanto Gr, Pr y k , dependen de la temperatura, las pérdidas por convección natural del aire, $h_{ce}(T_{pe} - T_0)$, también dependerán de la temperatura y, por lo tanto, de la energía que reciba el receptor.

Teniendo en cuenta todas estas pérdidas, podemos considerar al receptor como un cuerpo negro, de temperatura,

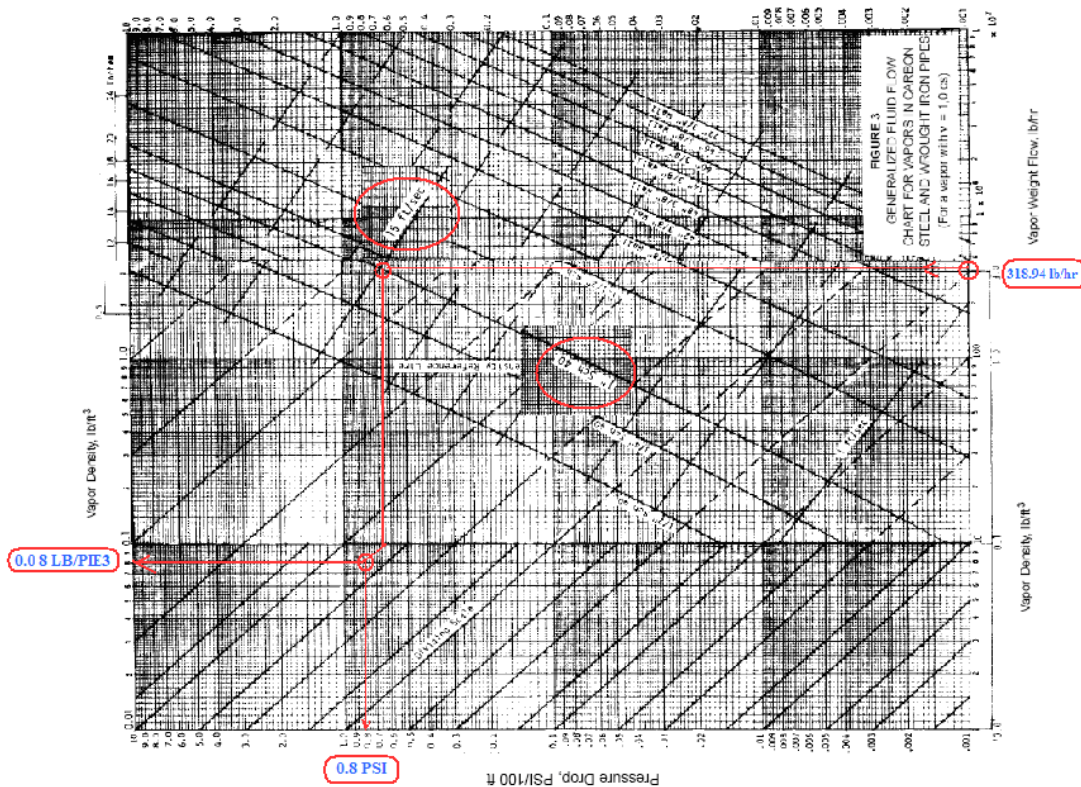
$$T_{pe}^* = \sqrt[4]{\frac{Q_r}{\sigma^* A_R}} + T_0^4; \quad \text{en donde } T_0 \text{ es la temperatura ambiente y } Q_r \text{ representa la}$$

energía disponible por el receptor, o sea,

$$Q_r = A_R \left\{ \left[\sigma^* T_{pe}^4 - \sigma^* \varepsilon_{Alum.} T_{pe}^4 \right] - h_{ce} [T_{pe} - T_0] \right\} \quad \text{Como energía total resultante}$$

aplicada al agua para su evaporación ganando energía térmica a través del aumento en la entalpía del vapor resultante.

Se observa cómo sólo para las posiciones más altas del Sol es previsible se obtenga un vapor recalentado a la temperatura deseada.



Gráfica 1.- pdvsa- Flujo másico, velocidad, flujo del líquido, caídas de presión

Nótese que los valores consignados a continuación corresponden a un punto de operación cuyo flujo másico es de **144.67Kg/h = 318.94 lb/hr.**, con velocidad de flujo de **15 pies/seg.**, y una caída de presión por efecto de fricción de **0.8 psi/100 pies**, y por efecto de **caída vertical** hidrostática de **0.01189 psi**.

Luego:

Para 200 kw., $D = 1.01$ pulg.; $Q/t = 1.2$ kg/seg. = 4.32 tn/hr

También : $Q/t = 0.6$ kg/seg. = 2.16 tn/hr ; Para 100 kw

1 kg/seg. = 3.6 tn/hr.

$Q/t = \dot{m} = 0.06$ kg/seg. Para una turbina hipotética de **10 a 12 kw**, y de unos **0.04018 kg/seg.** en cada calderita hipotética de 10 kw.

A la **longitud geométrica de la tubería** la podemos asignar el valor de **20.25 metros**, y a las pérdidas de carga accidentales debidas a los accesorios instalados en la tubería, como codos, válvulas de seguridad, compensadores de dilatación, etc, expresadas en metros de tubería, por lo que tomaremos $L = 30$ metros.

14.3.- Modelación para cilindros concéntricos

Para detallar la transferencia dentro del área de la caldera al fluido líquido (agua en nuestro caso), vamos a calcular los flujos térmicos de radiación, conducción y convección nueva vez usando en modelo que se presenta a continuación:

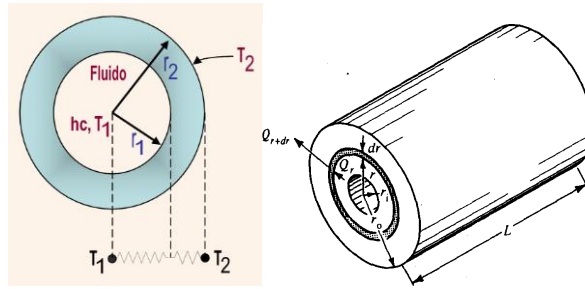


Figura 19.- Caracterización del modelo matemático para los cilindros concéntricos (tubo de 24 pulg. cédula #160)

14.4.- Nuestros Datos y Resultados

Así: para $h_{2-aire-ext.} = h_{ce} = 0.2571 \text{ Btu/hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$; $k_{1-acero} = 26 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{pie} \cdot ^\circ\text{F}}$

Para el agua fría dentro de los tubos de la caldera, al inicio del proceso, con una temperatura de $T_{0-agua-int.} = 28^\circ\text{C}$, y el coeficiente convectivo $h_{1-vapor.agua-int.}$ se calcularía con la expresión:

$$h_{1-vapor.agua-int.} = \frac{N_u \cdot k}{x} = \left(\frac{0.332 \cdot R_e^{1/2} \cdot \text{Pr}^{1/3} \cdot k}{L} \right)$$

$$\text{Para: } R_{e(h20,28^\circ\text{C})} = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot D \cdot \mu_{abs}} = \frac{4 \cdot 0.04018 \text{ kg} / \text{seg}}{\pi \cdot \left(\frac{2.54}{100} \right) \cdot 8.0321 \cdot 10^{-3}} = \frac{0.16072}{6.4093 \cdot 10^{-4}} = 250.7594 \text{ (Número}$$

de Reynolds para estas condiciones dinámicas del flujo motor en el arranque de la caldera)

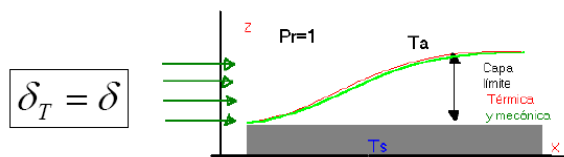


Figura 20.- Capas mecánicas y térmicas superpuestas para un (Pr=1)

Asumiendo $\text{Pr}_{28^\circ\text{C}-vapor.agua-int} = 1$, para las condiciones iniciales de temperatura $T_{0-agua-int.} = 28^\circ\text{C}$; aunque para las condiciones de trabajo normales cuando la temperatura del agua adquiriera el valor de $T_{vapor.agua-int} = 250^\circ\text{C}$; entonces $\text{Pr}_{250^\circ\text{C}-vapor.agua-int} = 0.94$.

$$N_u = 0.332 \cdot R_e^{1/2} \cdot \text{Pr}^{1/3} = 0.332 \cdot (250.7594)^{1/2} \cdot 1^{1/3} = 5.2573$$

$$\text{Luego de } h_{1-vapor.agua-int.} = \frac{N_u \cdot k}{x} = \left(\frac{0.332 \cdot R_e^{1/2} \cdot \text{Pr}^{1/3} \cdot k}{L} \right) = 5.2573 \cdot k/L$$

Para $L=20.25$ mts = 66.44 pies; y $k_{28^{\circ}\text{C-vapor.agua-int}} \cong 0.01 \text{ Btu/hr} \cdot \text{pie} \cdot ^{\circ}\text{F}$, tenemos:

$$h_{1-\text{vapor.agua-int.}} = 5.2573 \cdot k/L = 5.2573 \cdot (0.01 \text{ Btu/hr} \cdot \text{pie} \cdot ^{\circ}\text{F} \cdot 22.52 \text{ pie}) =$$

$$h_{1-\text{vapor.agua-int.}} = 0.002334 \text{ Btu/hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^{\circ}\text{F}.$$

Luego substituyendo en la expresión:

$$q_{r,\text{Caldera}} = \frac{(T_{pe} - T_0)}{\left(\frac{1}{2\pi r_1 \cdot l \cdot h_{1-\text{vapor.agua-int.}}} \right) + \left(\frac{l_n \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2\pi \cdot k_{1-\text{acero}} \cdot l} \right) + \left(\frac{1}{2\pi r_1 \cdot l \cdot h_{2-\text{aire-ext.}}} \right)} = \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{pie}^2}$$

$$\text{Tenemos: } q_{r,\text{Caldera}} = \frac{(399.6)}{(3.76) + (5.90 \cdot 10^{-5}) + (0.769)} = \frac{399.6}{4.529} = 88.23 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{pie}^2};$$

$$\text{Así: } q_{r,\text{Caldera}} = 88.23 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{pie}^2}$$

Lo que para un área de caldera de:

$$A_R = \pi \cdot D_{\text{ext}} \cdot L = 3.1416 \cdot (24/12) \cdot 22.52 \text{ pies} = 141.49 \text{ pie}^2$$

$$q_{r,\text{perdidos.en.Caldera}} = \left(88.23 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{pie}^2} \right) \cdot 141.49 \text{ pie}^2 = 12,483.86 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = 3.65 \text{ kw}$$

Lo que al comparar con los datos que se obtienen en el cálculo de radiación realizado mas adelante de $Q_{\mathcal{E}_{R-\text{Caldera}}} = 141.49 \text{ pie}^2 \cdot 102.73 = 14,535.26 \text{ Btu/hr.} = 4.2560 \text{ kw.}$ de pérdidas convectivas; nos arroja una diferencia de : $4.256 - 3.65 = 0.606 \text{ kw}$, para un valor del 14.23%.

Nota: Nuestra **caldera termosolar** podría fabricarse uniendo 8 tanques metálicos reforzados de 55 galones con 3 pies de longitud y 2 pies de diámetro c/u en una serie de unos 24 pies y/o en su defecto de un **tubo metálico de acero al carbón** de 24 pulgadas de diámetro cédula #160, con una longitud de 23 pies.

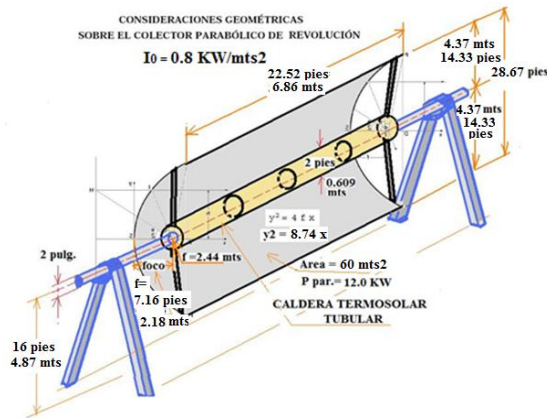


Figura 21.- Prototipo termo-solar propuesto

Arreglos de 10 calderas termo-solares de 12-10 kw. c/u., para cada turbina de 100 kw, para un total de 20 calderas para los 200 kw. del sistema completo.

15.- DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESTE PROYECTO DE INNOVACIÓN TERMOSOLAR

15.1.- Desarrollo de la parábola termosolar

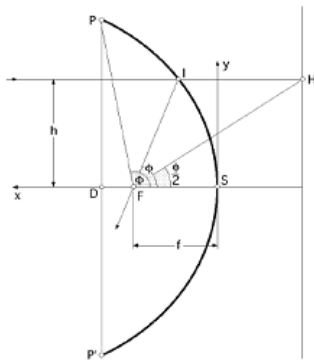


Figura 22.- Paraboloide de revolución

Expresiones y datos para los cálculos: $y^2_{par.} = 4 * f * x$; y en coordenadas cilíndricas:

$$\rho = \frac{f}{\cos^2(\Phi/2)}; \text{ en la que } \Phi = 2 * \text{arc.tg} \frac{h}{2 * f}; \text{ y donde } D_{apertura} = 4 * f * \text{tg}(\phi/2)$$

El diámetro de apertura del paraboloide y el ángulo máximo que lo define, se relacionan por la expresión:

$$\phi = 2 * \text{arc.tg} \frac{D}{2 * f};$$

$$q = \sigma * \epsilon_{pe} (T_{pe}^4 - T_0^4); \quad \sigma = 0.1714 * 10^{-8} \text{ Btu} / \text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ R^4$$

Elegimos como potencia base de nuestro diseño modular para cada arreglo parabólico:

$P_{\text{útil par.}} = 12\text{kw}$. Dado a que el rendimiento de recepción parabólica es del orden del

25%, como se demuestra a continuación: $\eta = \frac{I_0 * \pi * \text{sen}^2 \Phi}{I_0 * \pi * 4 * f^2 * \text{tg}^2(\Phi / 2)} = \cos^4(\Phi / 2)$

con. $\Phi = 90^\circ$; $\eta = \cos^4(45^\circ) = 0.25$; $\eta = 1/4$

Por lo que el círculo de la imagen de Gauss (que representa la potencia útil), no recibe más que la 4ta parte de la radiación incidente.

Así la potencia Absorbida para una salida de 12kw sería de

$P_{\text{Abs.}} = \frac{P_{\text{útil par.}}}{\eta} = \frac{12\text{kw}}{0.25} = 48\text{kw}$; Luego a partir de la densidad de potencia solar en el

territorio dominicano de $I_0 = 0.8\text{kw}/\text{mts}^2$; Tenemos: Area requerida en la parábola de:

$$A_{\text{par.}} = \frac{48\text{kw} * \text{mts}^2}{0.8\text{kw}} = 60\text{mts}^2 = 645.8346 \text{ pies}^2$$

Luego a partir de la fórmula para el área de la superficie de apertura del paraboloide bajo estudio, tenemos:

$$A_a = \pi * \frac{D^2}{4} = \pi * \frac{4 * 4 * f^2 * \text{tg}^2(\phi / 2)}{4} = 4 * \pi * f^2 * \text{tg}^2(\phi / 2)$$

Que para $\text{tg}^2(\phi / 2) = \text{tg}^2(45^\circ) = 1$, Nos queda: $A_a = 4 * \pi * f^2 = 60\text{mts}^2 = 645.8346 \text{ pie}^2$

De donde encontramos el foco de nuestra parábola f:

$$f^2 = \frac{A_a}{4 * \pi} = \frac{60\text{mts}^2}{4 * \pi} = 4.7746\text{mts}^2$$

Para un valor de : $f = \sqrt{4.7746\text{mts}^2} = 2.1850\text{mts} = 7.1693 \text{ pies}$.

Luego la **fórmula de nuestra parábola particular** sería:

$y^2 = 4 * f * x = (4 * 2.1850\text{mts} * x) = 8.74x$; de donde quedaría como: $[y^2 = 8.74x]$.

Si hacemos a $y_{\text{max.}}^2 = 8.74x = 8.74 * 2.1850\text{mts} = 19.0969\text{mts}^2$

Donde $y_{\text{max.}}^2 = 19.0969\text{mts}^2$, $y_{\text{max.}} = \sqrt{19.0969\text{mts}^2} = 4.37\text{mts} = 14.3379\text{pies}$

Si $D_{\text{pp}} = 2 * y_{\text{max.}} = 2 * 4.37\text{mts} = 8.74\text{mts}$; $D_{\text{pp}} = 8.74\text{mts} = 28.67594 \text{ pies}$

Que representa la Cuerda de la parábola, o la Longitud L_1

Así: $L_1 = D_{pp} = 8.74\text{mts} = 28.67594\text{ pies}$

Para $h_{\max} = (D_{pp} / 2) = (8.74\text{mts} / 2) = 4.37\text{mts} = 14.33797\text{pies}$

Luego la longitud del Cilindro del Paraboloide

$$L_2 = \frac{A_{par.}}{L_1} = \frac{60\text{mts}^2}{8.74\text{mts}} = 6.8649\text{mts} = 22.5240\text{pies}; \text{ Así: } L_2 = 6.8649\text{mts} = 22.5240\text{pies}$$

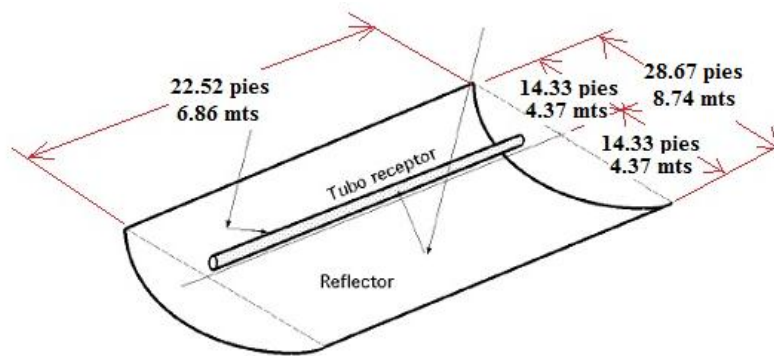


Figura 23.- Paraboloide de revolución cilíndrico

Por lo que corresponde a $(22.5240\text{pies} / 3\text{pies/tanque de 55Gls}) = 7.5\text{ tanques} \cong 8\text{ tanques/caldera de 12 kw c/u.}$

Determinación de la temperatura máxima de trabajo de la parábola:

$$I_{Abs.} = E_g = \sigma * \epsilon_{Al.} * A_p * T_{par.}^4 = 48\text{kw} = 163,928.60\text{Btu} / \text{hr}$$

$$T_{par.}^4 = \frac{I_{Abs.}}{\sigma * \epsilon_{Al.} * A_p} = \frac{163,928.60\text{Btu} / \text{hr}}{(0.1714 * 10^{-8} \text{Btu} / \text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ R^4) * 0.188340 * 645.8346 \text{pie}^2} =$$

$$T_{pe par.}^4 = 0.7863 * 10^{12} ^\circ R^4; \text{ Así: } T_{pe par.} = \sqrt[4]{0.7863 * 10^{12} ^\circ R^4} = 941.67^\circ R = 250^\circ C$$

Donde: $T_{pe par.} = 941.67^\circ R = 250^\circ C$; Así que si $T_0 = 28^\circ C = 542.07^\circ R$

Luego resumiendo tenemos: $T_{pe par.} = \sqrt[4]{0.7863 * 10^{12} ^\circ R^4} = 941.67^\circ R = 250^\circ C = 482^\circ F$

$$T_0 = 28^\circ C = 542.07^\circ R = 82.4^\circ F$$

$$\Delta_{(T_{pe}-T_0)} = 250^\circ C - 28^\circ C = 222^\circ C = 891.27^\circ R = 431.6^\circ F$$

$$T_{prom.} = \frac{250 + 28}{2} = 139^\circ C = 741.87^\circ R = 282.2^\circ F$$

16.- PARA LOS PARÁMETROS DE LA CALDERA TERMOSOLAR

16.1.- Datos y fórmulas requeridas

Temperatura (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Calor Específico c_p (J/kg°C)	Conductiv. térmica k (W/m°C)	Visc. dinám. $\eta \cdot 10^6$ (N.seg/m ²)	Visc. cinem. $\nu \cdot 10^6$ (m ² /seg)
0	999,9	4226	0,558	1794	1,789
20	998,2	4182	0,597	1004	1,006
40	992,3	4178	0,633	653,0	0,658
60	983,2	4181	0,658	470,0	0,478
80	971,8	4194	0,673	353,7	0,364
100	958,4	4211	0,682	281,0	0,294
140	926,1	4279	0,687	198,2	0,214
180	887,0	4413	0,678	153,5	0,173
220	840,5	4606	0,656	126,0	0,150
260	784,0	4944	0,614	107,5	0,137
300	712,5	6594	0,543	94,1	0,132

Tabla 2.- Propiedades del agua

Para $T_e = 941.67^\circ R = 250^\circ C$; $\Delta_{(T_{pe}-T_0)} = 250^\circ C - 28^\circ C = 222^\circ C = 891.27^\circ R = 431.6^\circ F$

$$T_0 = 28^\circ C = 542.07^\circ R = 82.4^\circ F; T_{prom.} = \frac{250 + 28}{2} = 139^\circ C = 741.87^\circ R = 282.2^\circ F$$

$$T_{pe\ par.} = \sqrt[4]{0.7863 \cdot 10^{12} R^4} = 941.67^\circ R = 250^\circ C = 482^\circ F$$

$\dot{w} = (\dot{m}) =$ entre **(0.04018 kg/seg.** = 318.94 lbs/hr de vapor) y **0.06 kg/seg.** de flujo másico de vapor para $P = 10$ kw.

$R_e = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot D \cdot \mu_{abs.}}$; (para el cálculo del número de Reynolds a partir del flujo másico de vapor)

$R_e < 1$: Fuerzas viscosas dominantes; $R_e > 1$: Fuerzas de inercia dominantes

$R_e = [(4 \cdot 0.06 \text{ kg/seg}) / (3.1416 \cdot 0.0254 \text{ mts} \cdot 1.610 \cdot (1.47) \cdot 10^{-5})] = 1.8681$; Fuerzas de inercia dominantes; $R_e < R_{ec} = 5 \cdot 10^7 \text{ critico} \Rightarrow$ Régimen Laminar

Valores de tablas para densidades, viscosidades, y números característicos para la termodinámica:

1.- Para aire $T_{prom.} = 139^\circ C \cong (300^\circ F)$

$$\rho = 0.052 \text{ lbm/pie}^3 = 0.8329601 \text{ kg/mts}^3;$$

$$\mu = 1.610 \cdot 10^{-5} \text{ lbm/pie} \cdot \text{seg} = 2.3667 \cdot 10^{-5} \text{ kg/mt} \cdot \text{seg}$$

$$\nu = 0.306 \cdot \text{pie}^2 / \text{seg} \cdot 10^{-3}; K = 0.0193 \text{ Btu} / \text{hr} \cdot \text{pie} \cdot ^\circ F; P_r = 0.71; a = 1.53 \text{ pie}^2 / \text{hr}$$

$[g \cdot \beta \cdot \rho^2 / \mu^2 = 0.444 \cdot 10^6 / ^\circ F \cdot \text{pie}^2]$, es el valor tabulado para el cálculo del número de Grassfot

2.- Para Vapor de agua $T_e = 250^\circ\text{C} \cong 500^\circ\text{F}$; $\rho = 0.0258 \text{ lbm/pie}^3$;

$\mu = 1.265 \cdot 10^{-5} \text{ lbm/pie} \cdot \text{seg}$; $\nu = 0.490 \cdot \text{pie}^2 / \text{seg} \cdot 10^{-3}$; $K = 0.0228 \text{ Btu} / \text{hr} \cdot \text{pie} \cdot ^\circ\text{F}$

$P_r = 0.94$; $a = 1.88 \text{ pie}^2 / \text{hr}$; $g \cdot \beta \cdot \rho^2 / \mu^2 = 0.139 \cdot 10^6 / ^\circ\text{F} \cdot \text{pie}^2$; $P = 39.73 \text{ bar}$
 $= 576.2349 \text{ psi}$.

$$\lambda_{\text{vapor} \dots \text{entalpía} \dots 250^\circ\text{C}} = 2,801.5 \text{ KJ} / \text{Kg}$$

3.- Para Vapor de agua $T_e = 120^\circ\text{C} = 248^\circ\text{F}$; $\lambda_{\text{vapor} \dots \text{entalpía} \dots 120^\circ\text{C}} = 2,706.3 \text{ KJ} / \text{Kg}$

4.- Para Vapor de agua $T_0 = 28^\circ\text{C} = 82.4^\circ\text{F} = 542.07^\circ\text{R}$;

$$\lambda_{\text{vapor} \dots \text{entalpía} \dots 28^\circ\text{C}} = 2,552.6 \text{ KJ} / \text{Kg}$$

$$\text{Cálculos para Reynolds}(R_e): R_e = \frac{\rho \cdot \text{vel} \cdot L_c}{\mu} = \frac{\text{vel} \cdot L_c}{g}$$

Para placa pulida: $R_{ec} = 5 \cdot 10^7$; Número de Reynolds Crítico, (Adimensional)

$$R_e < R_{ec} = 5 \cdot 10^7 \text{ critico} \implies \text{Régimen Laminar}$$

$$R_e > R_{ec} \implies \text{Régimen Turbulento}$$

Para placa Rugosa: $R_{ec} \longrightarrow \varepsilon[8 \cdot 10^3, 5 \cdot 10^7]$

$$\text{Número de Nusselt (Nu): } N_u = \frac{h \cdot x}{k} = \frac{(w / m^2 \cdot ^\circ\text{k}) \cdot \text{mts}}{(w / \text{mts} \cdot ^\circ\text{k})}$$

$h \rightarrow$ Coeficiente de película ($w / m^2 \cdot ^\circ\text{k}$); $k \rightarrow$ Conductividad térmica ($w / m^2 \cdot ^\circ\text{k}$)

$x \rightarrow$ Longitud característica en mts.

Fórmulas para Régimen Laminar:

$$\text{Nusselt: } N_{ux} = 0.59 \cdot R_{aL}^{1/4} ; \text{ Para } 10^4 < R_{aL} < 10^9$$

Luego entonces el valor del coeficiente de transmisión térmica por convección hce sería:

Para los valores de Gr:

$$G_{rL} = [g \cdot \beta \cdot (T_e - T_0) \cdot L^2 \cdot \rho^2 / \mu^2] = (0.444 \cdot 10^6 / ^\circ\text{F} \cdot \text{pie}^2) \cdot 282.2^\circ\text{F} \cdot 141.49 \text{ pie}^2 = 17.72916 \cdot 10^9 ; \text{ con } \text{Pr} = 0.71 \text{ y } K = 0.0193$$

de la tabla A-3, pag.647, de Frank Kreith, (Principios de Transferencia de Calor).

$$h_{ce} = \frac{0.129 * k * \sqrt[3]{G_r * P_r}}{L} = \frac{0.129 * 0.0193 * [(17.72916 * 10^9) * 0.71]^{1/3}}{22.52 \text{ pies}} = \frac{5.79}{22.52 \text{ pies}}$$

$$= 0.2571; \quad h_{ce} = 0.2571 \text{ Btu} / \text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ F$$

16.2.- Cálculos para la transferencia energética del calor y la termodinámica

$$Q_{R-\text{Caldera}} = A_R * \{(\sigma * T_e^4 - \sigma * \varepsilon_{\text{acero..inox.}} * T_e^4) - h_{ce}(T_e - T_0)\}$$

Dado los datos: $A_R = \pi * D_{\text{ext}} * L = 3.1416 * (24/12) * 22.52 \text{ pies} = \mathbf{141.49 \text{ pie}^2}$

$h_{ce} = 0.2571 \text{ Btu} / \text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ F$; $\varepsilon_{\text{acero..inox.}} = \mathbf{0.18}$; Podemos decir:

$$Q_{R-\text{Caldera}} = A_R * \{(\sigma * T_e^4 (1 - \varepsilon_{\text{acero..inox.}}) - h_{ce}(T_e - T_0))\} = 141.49 \text{ pie}^2 * \{0.1714 * 10^{-8} * (941.67)^4 * (1 - 0.18) - 0.2571 * (941.67 - 542.07)\} = 141,830.79 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{41.53 \text{ kw.}}$$

Netos

$$Q\sigma_{R-\text{Caldera}} = 141.49 \text{ pie}^2 * 1,105.1458 = 156,367.07 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{45.78 \text{ kw.}}$$
 de ganancia

$$Q\varepsilon_{R-\text{Caldera}} = 141.49 \text{ pie}^2 * 102.73 = 14,535.26 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{4.2560 \text{ kw.}}$$
 de pérdidas convectivas.

Así: $Q_{R-\text{Caldera}} \text{ABS.} = \mathbf{41.53 \text{ kw.}}$ (Respuesta).

Así: Con $\eta = 0.25$, tendríamos: $Q_{R-\text{Caldera}} \text{UTIL} = \eta * \text{ABS} Q_{R-\text{Caldera}} = 0.25 * 41.53 \text{ kw} = 10.3125 \text{ kw.}$; **Pout = 10.31 kw**, (Respuesta) para cada caldera modular termosolar.

Se selecciona $\varepsilon_{Al.} = 0.18834$ que corresponde a un valor para una longitud de onda entre $5.4\mu\text{m}$ y $3.6\mu\text{m}$, correspondientes a temperaturas entre: 1,000 grados F. a – temperatura solar- del Aluminio oxidado.

17.- CALCULOS PARA LOS PARÁMETROS DE LA CALDERA TERMOSOLAR

$$Q_{R-\text{Caldera}} = A_R * \{(\sigma * T_e^4 - \sigma * \varepsilon_{\text{acero..inox.}} * T_e^4) - h_{ce}(T_e - T_0)\}$$

$A_R = \pi * D_{\text{ext}} * L = 3.1416 * (24/12) * 22.52 \text{ pies} = 141.49 \text{ pie}^2$

$$h_{ce} = \frac{0.129 * k * \sqrt[3]{G_r * P_r}}{L} = 0.2571 \text{ Btu} / \text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ F$$
; Luego para: $\varepsilon_{\text{acero..inox.}} = \mathbf{0.18}$

Así: $Q_{R-\text{Caldera}} = A_R * \{(\sigma * T_e^4 (1 - \varepsilon_{\text{acero..inox.}}) - h_{ce}(T_e - T_0))\} = 141.49 \text{ pie}^2 * \{0.1714 * 10^{-8} * (941.67)^4 * (1 - 0.18) - 0.2571 * (941.67 - 542.07)\} = 141,830.79 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{41.53 \text{ kw.}}$

Netos

$$Q\sigma_{R-\text{Caldera}} = 141.49 \text{ pie}^2 * 1,105.1458 = 156,367.07 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{45.78 \text{ kw.}}$$
 de ganancia

$Q_{\varepsilon_{R-Caldera}} = 141.49 \text{ pie}^2 * 102.73 = 14,535.26 \text{ Btu/hr.} = \mathbf{4.2560 \text{ kw.}}$ de pérdidas convectivas.

Así: $Q_{R-Caldera}^{ABS.} = \mathbf{41.53 \text{ kw. Respuesta.}}$

Así: Con $\eta = 0.25$, tendríamos: $Q_{R-Caldera}^{UTIL} = \eta * ABSQ_{R-Caldera} = 0.25 * 41.53 \text{ kw} = 10.3125 \text{ kw.}$; **Pout = 10.31 kw (Respuesta)** de cada caldera modular termosolar.

18.- DETALLES DE LOS BALANCES ENERGÉTICOS DEL ECOEDIFICIO

18.1.- Potencia producida

a) La Potencia producida/ mes : **48,000 kwhr (vapor) + 1,255.43 kwhr (pelton) = 49,255.43 kwhr.**

b) La potencia demandada por los 36 apartamentos/mes: es de **1.75 kwhr c/u = 45,360 kwhr**

c) El balance neto positivo/mes es de: **3,895.43 kwhr**, para usarse en accesorios, y equipo de control ecológico.

18.2.- Determinación de la producción, almacenamiento y turbinado del agua por el Sistema (Termosolar – Hidráulico) y la caída de presión en las tuberías

Se obtiene un-(Bombeo termosolar de 384,000 galones de agua (1,453.6 mts³ en 8 horas)-

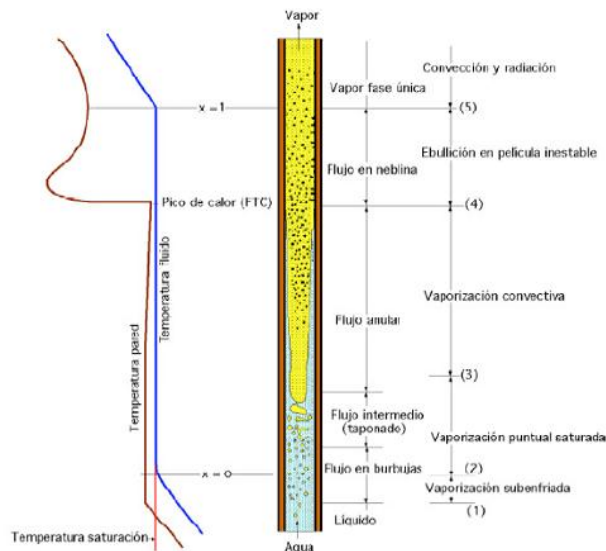


Figura 24.- detalles del flujo másico en tubería vertical

A partir del flujo másico de $0.04176 \text{ (kw/kJ)*kg}$, de la curva de Mollier, con $-$ ($1\text{kJ}=0.0002777 \text{ kw*hr}$) - para entalpías y entropías en las calderas modulares de 10 kw, y/o a partir de la fórmula de equilibrio energético $\dot{m} = \frac{Q_R}{\Delta_y} = \frac{\text{kw}}{(y_2 - y_1)} (\text{kg / seg})$, con Δ_y de

las entalpías, encontramos a una velocidad de **15 pies/seg.** para el vapor de agua, y con una cantidad de **40 galones/min.** a partir de las gráficas de PDVSA, para tubería de salida de las calderas de 1 pulgada para acero con cédula #40, que nos indica unos 0.04018 kg/seg. = **318.94 lbs/hr** de vapor de agua.

18.3.- Diagrama entalpía-entropía de Mollier

El diagrama **entalpía-entropía** de Mollier para vapor de agua permite representar las transformaciones termodinámicas que tienen lugar en procesos que implican vapor. Al mismo tiempo, permite estimar la potencia de salida de la turbina en kW y elegir el módulo adecuado de la serie S2E 50-250.

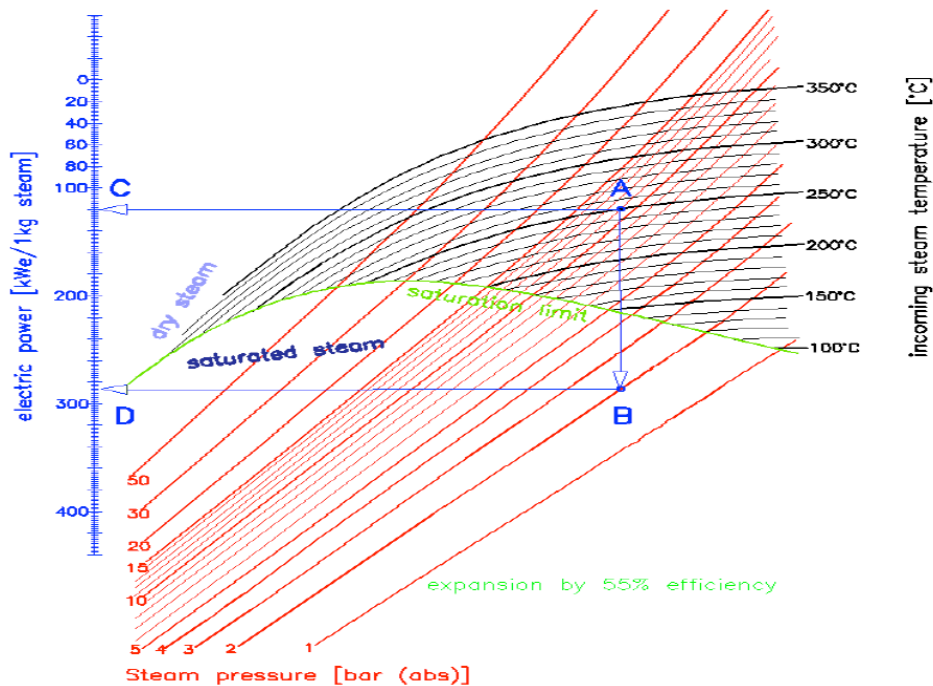


Figura 25.- Diagrama de **Entalpía –Entropía** de **Mollier** para el cálculo de la turbina de vapor

info@gruponovaenergia.com · www.gruponovaenergia.com

19.- DETERMINACION DE LAS CAIDAS DE PRESION EN EL SISTEMA TERMOSOLAR

19.1.- Caídas de presión

La caída de presión por efecto del paso del flujo másico de vapor por la tubería desde la caldera a la turbina, teniendo en cuenta la fricción y la pérdida hidrostática debida a la altura serían:

Para un flujo másico de vapor de $\dot{m} = 0.04018 \text{ kg/seg} = 318.94 \text{ lb/hr}$, y tuberías de **1 pulgada** de diámetro tenemos caídas por fricción del orden de $\Delta_{p, \text{fricción}} = 0.8 \text{ psi}$, a

a partir de la gráfica PDVSA, (Figure 1, Flow of water in carbon steel and wrought iron pipe). Que puede observarse desde la dirección web:

(<http://es.scribd.com/doc/7130108/Calculo-Hidraulico-de-Tuberias-PDVSA>), a partir

del uso de la expresión : $\Delta p_{ELEV} = 6.94 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{\rho} \cdot L_i \cdot \sin \theta$

Podemos calcular la caída en la tubería vertical que sube los 20.25 metros (66.44 pies) del edificio desde las calderas hasta las turbinas de vapor alojadas en la parte superior de la Cisterna Superior y la torre de enfriamiento para la condensación del vapor de agua que sale de dichas turbinas.

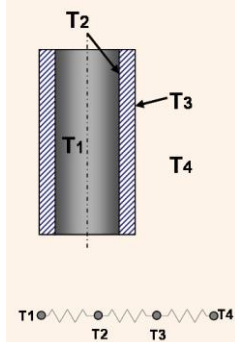


Figura 26.- sección transversal de un tubo vertical para transportar vapor de agua

$$\text{Así: } \Delta_{p.Elev.} = 6.94 \cdot 10^{-3} \cdot 0.0258 \text{ lbm} / \text{pie}^3 \cdot 66.44 \text{ pie} \cdot 1 = 0.01189 \text{ psi}$$

$$\text{Luego: } \Delta_{pT} = \Delta_{p.fricción} + \Delta_{p.Elev.} = 0.8 + 0.01189 = 0.81189 \text{ psi}$$

Así para una temperatura de salida de la caldera de 250 grados centígrados le corresponde una presión de vapor de $P_1 = 39.73 \text{ bar} = 576.23 \text{ psi}$.

Así la presión que llegaría a las turbinas de vapor al salir de la tubería sería:

$$P_2 = P_1 - \Delta_{pT} = 576.23 - 0.81189 = 576.418 \text{ psi} = 39.67 \text{ bar}.$$

Que llegan a las turbinas de vapor de 100 kw c/u.

19.2.- Detalles del sistema de turbinación con microturbinas tipo Pelton

Para una posible turbinación Pelton de unos 1,090.2 mts³ = 38,500 pies³ = 288, 000 galones, almacenados en 3 de los 4 depósitos que componen la Cisterna Superior, de unos 363.4 mts³ c/u (96,000 galones), para dejar al menos un depósito para agua de condensación del vapor que salga de las 2 turbinas de 100 kw, c/u; tendríamos una energía disponible para las noches para unas 16 horas de servicio: $Q_{min.} = (1,090.2 / 16 \text{ hrs} / 3,600 \text{ seg/hr}) = 0.01892 \text{ mts}^3/\text{seg.} = 0.6681 \text{ pies}^3/\text{seg.}$, para una altura de 17.5 mts = 57.4175 pies:

$$P = [(Q_{min.} \cdot H_x \cdot 0.8) / 8.8] = [(0.6681 \text{ pies}^3/\text{seg.} \cdot 57.4175 \text{ pies} \cdot 0.8) / 8.8] = 3.487 \text{ HP}$$

$$= 2.61 \text{ kw. Para 16hrs continuas} = 41.84 \text{ kwhr/día.} = 1,255.43 \text{ kwhr por mes.}$$

20.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CALDERA DESTILADORA TERMOSOLAR CON PARABOLOIDE CILÍNDRICO DE REVOLUCIÓN

20.1.- El Sistema termosolar

El **Sistema termosolar** propuesto cuenta con un receptor solar en forma de cilindro parabólico de revolución que sigue la trayectoria del sol de manera automática y la refleja de manera que concentra su energía en la **Caldera termosolar**, que es el objeto de generación de vapor de agua que nos ocupa en esta investigación innovativa.

La referida **Caldera termosolar** está dotada de un cilindro hueco que contiene en su centro un serpentín de tubos en los que se desarrollará el proceso de recibimiento, calentamiento, evaporación y evacuación del agua para producir el vapor saturado que

por el efecto termosifón debido a su alta temperatura y presión, se eleva a una cota de varios metros de manera vertical, hasta alcanzar el cuarto de turbinas situado en el tope superior de la estructura del edificio ecológico que aloja a las turbinas, al condensador, y la torre de enfriamiento para la condensación del vapor, con su consiguiente conversión en agua potable, libre de impurezas, lista para el consumo humano y/o su reciclaje al sistema de alimentación de aguas de la Caldera termosolar, sin la necesidad del requerimiento de la impulsión del agua a través de motobombas eléctricas, luego de las fases del primer arranque, donde se requieren de condiciones iniciales, que se explicarán a continuación..

El agua de alimentación a la caldera se suple desde un depósito elevado a una cota de unos **3 a 5.75 metros** sobre el nivel del piso, y luego se bombea a la caldera, en la fase del primer arranque del **Sistema termosolar**, a una presión absoluta de unas **20 psi**, de manera que pueda ingresar en los tubos para agua-vapor de la Caldera termosolar.

El sistema de control y mando de los procesos de la transferencia del calor, las presiones, cantidades y niveles del agua, presión y temperaturas de los mismos, son monitoreados, evaluados, y corregidos, según los parámetros pre- establecidos, utilizando retroalimentación en lazo cerrado a través de un(os) **sistemas Proporcional-Integral- Derivativos, (PID)** y un **Microcontrolador** programado para tales fines.

TEMA 3.

21.- ESTUDIO DE POSIBLES APLICACIONES ALIMENTARIAS PARA EL ECOEFICIO-AUTONOMO

21.1.- Tablas y documentación para la determinación de las necesidades alimentarias de los inquilinos

Niños, adolescentes, hombres y mujeres con actividad ligera				
Alimentos Consumo diario	Niños de 6 a 10 años	Adolescentes 11 a 18 años	Hombres con actividad ligera	Mujeres con actividad ligera
Lácteos (leche, yogur, queso, quesillo)	4 tazas de leche o yogur o 3 a 4 rebanadas de queso o quesillo	4 tazas de leche o yogur o 3 a 4 rebanadas de queso o quesillo	3 tazas de leche o yogur o 3 rebanadas de queso o quesillo	4 tazas de leche o yogur o 3 a 4 rebanadas de queso o quesillo
Pescados, pavo o pollo;	1 trozo pequeño, 2-3 veces por semana;	1 trozo mediano, 2-3 veces por semana;	1 trozo mediano, 2-3 veces por semana;	1 trozo mediano, 2-3 veces por semana;
Otras carnes;	1 trozo pequeño, 1 vez por semana;	1 trozo mediano, 1 vez por semana;	1 trozo mediano, 1 vez por semana;	1 trozo mediano, 1 vez por semana;
Legumbres;	1 taza: 2 veces por semana;	1 taza: 2 veces por semana;	1 taza: 2 veces por semana;	1 taza: 2 veces por semana;
Huevos	1 unidad: 2-3 veces por semana	1 unidad: 2-3 veces por semana	1 unidad: 2-3 veces por semana	1 unidad: 2-3 veces por semana
Verduras	2 platos, crudas o cocidas	2 platos, crudas o cocidas	2 platos, crudas o cocidas	2 platos, crudas o cocidas
Frutas	3 unidades	3 unidades	3 unidades	3 unidades
Cereales, pastas o papas, cocidos	1 taza	2 tazas	2 tazas	1 taza, en reemplazo de 1/2 pan
Pan (100 g)	1-2 unidades	2-3 unidades	2-3 unidades	1-2 unidades
Aceite y otras grasas	Consumir en poca cantidad	Consumir en poca cantidad	Consumir en poca cantidad	Consumir en muy poca cantidad
Azúcar	Consumir en poca cantidad	Consumir en poca cantidad	Consumir en poca cantidad	Consumir en poca cantidad
Agua	6 a 8 vasos	6 a 8 vasos	6 a 8 vasos	6 a 8 vasos
Aporte calórico aproximado	1800-2100 	2600-2800 	2500-2800 	1700-2000 

Tabla 3.- Requerimientos alimenticios

http://www.aragon.es/Temas/Juventud/Subtemas/SaludConsumo/ci.01_Alimentacion_detalleTema

Contenido Nutricional de ciertas carnes en 110 g				
Fuente	kcal	proteína	carbohidratos	grasa
Pescado	110– 140	20–25 g	0 g	1–5 g
pechuga de pollo	97	22 g	0 g	1 g
cordero	250	30 g	0 g	14 g
filete (vaca)	275	30 g	00 g	18 g
T-bone	450	25 g	0 g	35 g

Tabla 4.- Contenido nutricional de las carne

<http://claribelsoto.tripod.com/Clasificacion.htm>

21.2.- Cálculos de las demandas de los rubros alimentarios y la estimación de los espacios y áreas necesarias del edificio para suplirlas

I) Producción de Carnes:

22.- LOS PECES

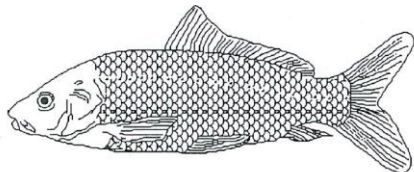


Figura 27.- La tilapia

A) Requerimientos alimentarios de pezcardo para las personas bajo estudio.

Pescado: 27 (personas/piso) x 0.87 Lbs/semana = 23.69 lbs/semana.

Q1= 104.27 lbs de pescado/piso/mes = 46.76 kgs/piso/mes.

QTpez(4 pisos) = 187.04 kg/mes/Edificio. [1]

0.056 kg/día por persona adulta

1.73 kg/ persona/mes.

Para Tilapias de 500 grs. --- 1.12 lbs. , y 250 a 300 peces / mts3 de estanque.

B) Productividad por espacio: [2]

20 a 40 toneladas de peces por metro³ por año.

20 x 1000 kgs/ 12 meses = 1,666.66 kg/ mes/mts³.

250 a 300 peces / mts³ de unos **500 Gramos c/u.** (1.12 lbs).

Nota: **(Dato disponible para Tilapias)**

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/006/y1187s/y1187s0a.htm>

QTpez(4 pisos) = 187.04 kg/mes/Edificio.

Si la demanda de pescado es de 187.04 kg/mes/Edificio:

374 peces de 500 grs. y Rendimiento de 125 kg/mts³

El espacio requerido para estanque criadero: (21 mts³), para 46.76 kg/mes/piso.

Para 4 pisos sería: [3]

4(21 mts³), para 187 kg/mes.

Lo que implicarían unas 4 Tinas de : 4x(5.73 mts² de área) x **3.66 mts de alto** = 84 mts³.

22.92 mts² x 3.66 mts de alto

O sea de : **4.78 mts x 4.78 mts x 3.66 mts** = 84 mts³.

Ahora:

Espacios se el disponibles/piso es de: 23 mts² x 3.66 mts = ~ **84.18 mts³/piso.**

[(84.18 mts³/piso)/ (48.82 mts³/tina)] = 1.73 tinas ~ 2 tinas de 12 x 12 x 12 pies c/u.

Así: Estanque * : de 12 x 12 x12 pies (3.65 x 3.65 x 3.65 mts) = 13.32 mts² x 3.65mts = 48.82 mts³ = 12, 896 Galones de agua. [4]

Para un Area total requerida para la cría de **3 pisos= A total= 2 x Estanque ***

= 26.74 mts² x 3.66 mts de alto de estanque; Pues (2 x 13.32) = 26.74 mts².

Así también se verifica la necesidad de : **(84.18 mts³/piso)/ 27.978 mts³ de estanque,** para satisfacer la demanda de esas 27 personas requiriendo = 3 tinas equivalentes.

Luego se concluye : At pescado = 26.74 mts²/piso si sólo se consumiera pescado. [5]

23.- LAS GALLINAS



Figura 28.- La gallina

23.1.- Requerimientos alimentarios de gallinas para las personas bajo estudio

Gallinas: $27 \text{ (personas/piso)} \times 1.32 \text{ Lbs/semana} = 35.57 \text{ lbs/semana/piso}$.

$Q_2 = 156.54 \text{ lbs de gallinas/mes} = 70.20 \text{ kgs/mes/piso}$.

$QT_{\text{pollo}}(4 \text{ pisos}) = 304 \text{ kg/mes/Edificio}$.

Nota: 2.6 kg/pollo de descarte, es el monto aconsejable en la explotación de una granja sostenible, luego con un Tiempo de descarte: 14 meses (56 a 70 semanas) de explotación como ponedoras de huevos.

El Consumo de pollos/gallinas calcularía para:

0.0938 kg/día por persona adulta, para 2.81 kg/ persona/mes.

23.2.- Productividad por espacio:

a) Huevos:

Referencias:

Una cantidad de 837,456 huevos/2,400 gallinas/año = 349 huevos/gallina/año (29 docenas de huevos); También:

$(837,456 \text{ huevos}/(12 \text{ granjas} \times 36 \text{ mts}^2)/\text{año}) = 1,938 \text{ huevos/mts}^2/\text{año}$, lo que nos arrojaría, unos 1,938 huevos/12 meses = 161.5 huevos/mts²/mes.

Estudio de nuestro caso:

Para una demanda de 1,404 huevos/mes para las 27 personas de un piso, tenemos:

$(1,404 \text{ huevos}/161.5 \text{ huevos/mts}^2/\text{mes}) = 8.69 \text{ mts}^2 \text{ de área necesaria/piso}$.

Requerimientos de los 4 pisos para área para producir huevos:

$At(4 \text{ pisos}) = 4 \times 8.69 = 34.77 \text{ mts}^2$

b) Para la Carne de gallina:

Si 200 gallinas/granja nos dan 13 gallinas para la venta /mes, esto representaría unos 13 x 1.93 kg/gallina = **25.09 kg/mes**

Si requerimos de **70.20 kg de carne de gallinas /mes/ piso** del Edificio (suponiendo ningún otro consumo de carne), entonces:

$70.20 \text{ kgs}/(25.09 \text{ kgs/mes/granja}) = 2.79 \sim \rightarrow 3 \text{ granjas de } 24 \text{ mts}^2, \text{ para unas } 600 \text{ gallinas en cría y engorde}$.

23.3.- En resumen

Se requiere de un área total: $At = 3 \times 24 \text{ mts}^2 = 72 \text{ mts}^2 \text{ para cría de gallinas/ piso}$ si sólo se consumiera carne de gallina.

Así: $At_{\text{gallinas}} = 72 \text{ mts}^2/\text{piso}$.

At(4 pisos) gallinas = $4 \times 72 = 288 \text{ mts}^2/\text{Edificio}$.

23.4.- Estimados

Espacio de nido: 30 cm lado 1 x 35 cm lado 2 x 35 cm de alto/gallina

Productividad de carne por área de granja: $25.09 \text{ kg}/24 \text{ mts}^2 = 1.045 \text{ kg}/\text{mts}^2$ de granja/mes.

Densidad de gallina/área de granja: $200 \text{ gallinas}/24 \text{ mts}^2 = 8.33 \text{ gallinas}/\text{mts}^2$ de granja.

2 años de postura, 240 huevos por gallina/año, 20 huevos/gallina/mes

$200 \text{ gallinas} \times 20 \text{ huevos} = 4,000 \text{ huevos}/\text{mes}/\text{granja}$, o sea: (200 docenas de huevo) = 133.33 cartones de 30 huevos c/u.

600 gallinas x 20 huevos = 12,000 huevos/mes para 3 granjas en el Edificio, O sea: 1,000 docenas de huevos = 400 cartones de huevos de 30 huevos c/u.

23.5.- Demanda integrada

1,404 huevos por piso de 27 personas/mes.

Si fueran 4 pisos / Edificio = $1,404 \text{ huevos} \times 4 = 5,616 \text{ huevos}/\text{Edificio}/\text{mes}$, (187 cartones de huevos de 30 c/u).

Así: El Excedente de huevos para venta externa: $12,000 - 5,616 = 6,384 \text{ huevos}$, (213 cartones de huevos de 30 c/u). para unas **600 gallinas** 4 libras c/u.

producción de desechos y de biogás para diferentes clases de animales				
Clase de animal	Producción diaria	materiales		producción de biogás <u>Lts/kg/día</u>
	De estiércol en % de p.v (1)	de fermentación %MST	%MSO	
Bovino	5	15-16	13	250
Porcino	2	16	12	350
Caprino	3	30	20	200
Equino	5	25	15	280
Aves	15	25	17	400
Humanos	1	20	15	300

Tabla 5.- Producción de desechos y de biogás

23.6.- Cálculo del biogás aportado por la gallinaza

$Q1 = 600 \text{ gallina} \times 4 \text{ lbs c/u} \times 0.15 \text{ pv} \times 0.17 \text{ mso} \times 400 \text{ lts}/\text{kg}/\text{día} \times /2.23 \text{ lbs}/\text{kg} = 10,977.57 \text{ Lts}/\text{día}$

Q2= Cantidad de biogas/día = 10.97 mts3 de biogas/día.

24.- LOS CONEJOS

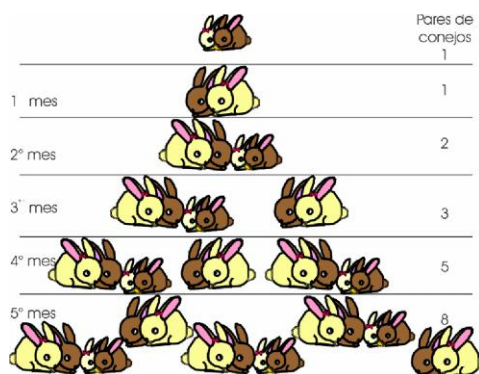


Figura 29.- Los conejos

http://www.mascotasyhogar.com/mascotas/aves/?pagina=mascotas_aves_015_015#

24.1.- Requerimientos alimentarios de conejos para las personas bajo estudio

Conejos: $27 \text{ (personas/piso)} \times 0.16 \text{ Lbs/semana} = 4.32 \text{ lbs/semana}$.

$Q3 = 17.28 \text{ lbs de conejos/mes} = 7.75 \text{ kgs/mes/piso}$.

Nota: (2.6 a 4.0) kg/conejo para sacrificio.

Tiempo de descarte: 12 semanas (3 meses) de edad para sacrificio.

Consumo:

0.00956 kg/día por persona adulta, 0.287 kg/ persona/mes.

24.2.- Productividad por espacio

Si con unas 741 jaulas para maternidad, a los mismos 56 gazapos.

Cada 100 jaulas madres precisan 70% de jaulas de engorde.

Recomendado conejos de (1.5 a 3.5) libras para unas 12 semanas de edad.

Los gazapos de engorde son de (15 a 17) animales/ mts2. implican 12 conejas madres y unos 5 conejos de de descarte.

Así que para unos 15 conejos de 4 kg para sacrificio se requieren 3 gazapos con unos 51 conejos, 36 conejas madres + los 15 conejos para sacrificio/mes.

Eso daría.

Los conejos de reposición requieren espacios de gazapos de (4 a 5) conejos/mts2.

Los conejos reproductores (de unos 4 kg c/u,) requieren espacios de gazapos de (2.5 a 3.3) conejos/mts2.

Los conejos hembras con sus crías, requieren espacios de gazapos de (3.3 a 5) conejos/mts2.

Así: **4 conejos de 4 kg c/u (16 kgs) = 1 mts2 de espacio.**

Que sería:

0.25 mts2/ conejo de 4 kg. mínimo

Agregando requerimientos de engorde:

$16\text{kg} \rightarrow 1 \text{ mts2(engorde)} + 1.7 \text{ mts2 (p/cría)} = 2.7 \text{ mts2/ 16 kgs}$.

0.675 mts2/ conejo de 4 kg. recomendados.

También se podría considerar para cría:

460 gramos de conejo para 0.70 mts2.

Lo que arrojarían 10.5 conejos en 0.7 mts2.

24.3.- Areas recomendadas para las jaulas para conejos:

Conejeras de: 50 cm. X 0.90 cm. 35 cm de alto.

Que sería:

Conejera: $0.5 \text{ mts} \times 0.90 \text{ mts} = 0.45 \text{ mts}^2$ de área de base con **0.35 mts. de alto.**

Cantidad de estiércol de LOS CONEJOS:

$Q1 = 250 \text{ conejos} \times 4 \text{ kgs c/u} \times 0.03 \text{ pv} \times 0.20 \text{ mso} \times 200 \text{ lts/kg/día} = 1,200 \text{ Lts/día}$

$Q2 =$ Cantidad de biogas/día = 1.20 mts^3 de biogas/día.

24.4.- Área necesaria de granja

Área necesaria de granja para suplir la demanda por pisos de 27 personas:

At conejos= 7 mts^2 / PISO con alturas de 0.35 mts .

At conejos (4 PISOS) = 28 mts^2 / EDIFICIO, con alturas de 0.35 mts .

25.- PRODUCCIÓN DE VEGETALES

25.1.- Hortalizas



Figura 30.- Las hortalizas

A) Requerimientos alimentarios de hortalizas para las personas bajo estudio.

Hortalizas: $27 \text{ (personas/piso)} \times 0.22 \text{ kg/día} = 5.94 \text{ kg/semana}$.

$Q3 = 52.98 \text{ lbs de hortalizas/mes} = 23.76 \text{ kgs/mes/piso}$.

Consumo:

0.22 kg/día (por persona adulta)

$0.22 \text{ kg} \times 30 \text{ días} = 6.6 \text{ kg/persona/mes}$

Consumo de hortalizas total = $6.6 \times 27 \text{ personas} = 178.2 \text{ kg/mes por piso}$

B) Productividad por espacio:

Datos sobre posibles cultivos de hortalizas:

1. Tomate: $301,147 \text{ toneladas para } 9,407 \text{ Hectáreas} = 32.01 \text{ toneladas/Ha}$.

2. Zanahoria: $186,693 \text{ toneladas para } 8,373 \text{ Hectáreas} = 22.29 \text{ toneladas/Ha}$.

3. (Lechuga & Repollo & Remolacha & coliflor & Apio): $391,762 \text{ toneladas para } 28,214 \text{ Hectáreas} = 13.88 \text{ toneladas/Ha}$.

25.2.- Productividad promedio en hortalizas (varias) = $(13.464 \text{ toneladas/Ha}) = 1.346 \text{ kgs/mts}^2$. [11]

25.3.- Área requerida para el cultivo de hortalizas:

Demanda de hortalizas para el Ecoedificio:

Así: $[95.85 \text{ kgs de hortalizas/mes}] / 1.346 \text{ kg/mts}^2 = 71.21 \text{ mts}^2$ de hortalizas / piso.

Demanda por edificio = $4 \times 95.85 \text{ kgs} = 383.40 \text{ kgs} \rightarrow 284 \text{ MTS}^2$.

$\rightarrow$ ÁREA HORTALIZAS: 284 mts^2 /Edificio. [9]

26.- CÁLCULO DEL BIOGAS PRODUCIDO POR EL DESPERDICIO DE HORTALIZAS (30%). [6]

284 mts² para los requerimientos de hortalizas para los 4 pisos:
 $95.85 \text{ kg.} \times 4 = 383.4 \text{ ks} \times 30/100 = 115 \text{ kgs.}$

26.1.- Cantidad de estiércol de aves

$Q_1 = 600 \text{ gallina} \times 4 \text{ lbs c/u} \times 0.15 \text{ pv} \times 0.17 \text{ mso} \times 400 \text{ lts/kg/día} \times /2.23 \text{ lbs/kg.} = 10,977.57 \text{ Lts/día}$

Q2= Cantidad de biogas/día = 10.97 mts³ de biogas/día.

27.- FRUTAS [7]

27.1.- A) Requerimientos alimentarios de frutales para las personas bajo estudio.

Frutas: $27 \text{ (personas/piso)} \times 3 \text{ Frutas /día} = 90 \text{ frutas pequeñas /mes}$

Si escogiéramos cultivar Lechosas (Papayas)



Figura 31.- Las lechosas

Entonces sería:

Peso promedio de una lechosa: (2 a 3 kgs).

Productividad por área de cultivo: [10]

1,600 a 2,000 plantas por Hectárea, espaciadas a 2.5 x 2.0 mts c/u.

Ej. $2,000 \text{ plantas} / 10,000 \text{ mts}^2 = 0.2 \text{ plantas/mts}^2$.

O lo que es unos **5 mts²/ planta**. [8]

La producción es de unos 150,000 kilogramos de fruta fresca para cada 18 meses de edad de las plantas. Iniciando desde sus primeros 8 meses hasta los 18 meses, con una productividad de 10 meses. A partir de eso la planta baja su parición, debiendo tener su sustituta en crecimiento.

Así: $150,000 \text{ kgs} / 1,600 \text{ plantas} = 93.75 \text{ kg/planta}$. $[93.75 \text{ kg/planta}] / 3 \text{ kg/fruta} = 31 \text{ lechosas/planta}$ cada 10 meses $\approx 3 \text{ lechosas/mes/planta}$.

Consumo de lechosa recomendado por persona 120 kg./año.

Así: $120/12 = 10 \text{ kg./persona/mes}$.

Luego: $[10 \text{ kg/persona/mes}] / 3 \text{ kg./lechosa} = \sim 3 \text{ lechosas/persona/mes}$.

Esto implica 1 planta (mata de lechosa/persona) = 5mts²/ planta por persona en relación a su cultivo.

Así: **At lechosas = 27 personas x 5 mts² = 135 mts² / piso.**

A frutas = 135 mts² de frutas(lechosa) / piso

At frutas(4 pisos) = 4 x 135 = 540 mts² mts² de frutas(lechosa) / Edificio.

Nota2: (Dato disponible para papayas)

28.- RESUMEN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ÁREAS PARA SUPLIR 4PISOS

1.- Estanque para peces: 84 mts² → el equivalentes a 2 apartamentos de 46 mts².

2.- Granja pollera: 288 mts² → 6 apartamentos de 46 mts²

3.- Conejera: 30 mts² → 60% apt de 46 mts².

4.- Cultivos de hortaliza: 284 mts² → 6 apartamentos de 46 mts².

5.- Cultivos de frutas: 540 mts² → 12 apartamentos de 46 mts².

Eso totaliza el equivalente en espacio a unos: $12 + 6 + 0.6 + 6 + 2 = 26.6 = \sim 27$

Apartamentos (46 mts²) = 3 niveles o pisos adicionales a los 4 pisos para viviendas = (4 niveles + Azotea del 4to + 2 mesaninis) => 11 niveles o pisos, para 20.25 Mts. de altura total.

29.- CONCLUSIONES

La República Dominicana cuenta con excelentes potenciales para la explotación de varias fuentes alternas de energía. Se espera que con la consecución de este proyecto podamos aportar un modelo energético acorde con las necesidades del pueblo dominicano, presentando la solución al problema energético de forma sostenible, que sea una opción de desarrollo de la sociedad y la biodiversidad.

Acorde con este tenor hemos presentado un estudio de las necesidades alimentarias y de energía eléctrica, entre otras, para las personas inquilinas de los apartamentos de nuestro **Edificio Ecostenible**, brinda la oportunidad de mostrar la factibilidad de desarrollar fincas de alimentación en los techos y penthouse de los mismos, a través de **mesaninis** y estructuras metálicas para acondicionar las áreas de cultivo de plantas, peces y animales, así como para definir los requerimientos de agua, energía, luz y sistemas de control inmótico que manejarían la administración de estos recursos de forma automática con supervisión humana.

30.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1].- Beveridge, M.C.M. Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. FAO Fish. Tech. Pap. 255: 131 pp, 1984.

[2].- Carro Anzalotta, A. E. Effects of stocking density on growth of Tilapia nilotica cultured in cages in ponds. J. World Aquacul. Soc., 17: 52-57, 1986.

[3].- Schmittou, H. R. Status and trends of caged tilapia farming in China, 119-126, IV Simposio Centroamericano de Acuicultura.

[4].- Zimmermann, S. Observations on Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) from Chitralada Strain Growth in Two Culture Systems and Three Water Temperatures.

[5].- Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture, 323-327, Río de Janeiro, Brasil, 2000.

[6].- Cultivo moderno del tomate. Rodríguez Rodríguez, R. et al. (1989) Ediciones Prensa

[7].- Food Safety for Produce Distribution. (1998) Produce Marketing Association (1998). Newark.

- [8].- Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables. Guidance for Industry. Food and Drugs Administration. (1998) Washington.
- [9].- Manejo Postcosecha de Lechuga. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.
- [10].- Post harvest technology of horticultural crops. Kader, A. A. Publicación 3311. Second Edition (1992) University of California. Division of agriculture and natural resources.
- [11].- Post-recolección de hortalizas. Namesny, A. Volumen 1 - Ediciones de horticultura. [12]Prabhanjan D, Raghavan G, Rennie T. Comparison of heat transfer rates between a straight tube heat exchanger and a helically coiled heat exchanger. IntCommun Heat Mass Transfer 2002; 29:185–91
- [13] Kern, D, Process Heat Transfer, McGraw-Hill, 1965], [Kreith, F, Mark S. Principios de transferencia de calor. México: Thomson, 2001

31.- DIRECCIONES WEB CONSULTADAS

<http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>

<http://www.ecologiahoy.com/los-edificios-del-futuro-seran-ecologicos-y-funcionaran-como-organismos-vivientes>

info@gruponovaenergia.com · www.gruponovaenergia.com

<http://es.scribd.com/doc/7130108/Calculo-Hidraulico-de-Tuberias-PDVSA>

<http://www.fao.org/docrep/006/y1187s/y1187s0a.htm>

www.fao.org/home/es/