

BEAULIN Loic
IUT 1 Université Joseph Fourier – Dépt. G.T.E.

Informe de practica

Elaborar un modelo mostrando el secado de madera en un horno sobre el software COMSOL

Propuesta Tecnica de Confort Termico para Viviendas en Comunidades Localizadas entre 3000 y 5000 msnm.



Javier SOLANO y Samuel OPORTO
Francis Mc CLUSKEY

Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Tupac Amaru, 210 – Rimac, Lima, Peru
Practica del 13 de Abril al 19 de junio 2009



Agradecimientos

Primero, yo agradezco las personas que me han permitido de ir a Lima para hacer mi practica. Sin ellos, no habria podido irme a Peru :

Javier SOLANO, Samuel OPORTO, Francis Mc CLUSKEY, Doria ROJAS, Jean-Michel TERRIEZ

Tambien, agradezco el ingeniero y los estudiantes del Centro de Energia Renovables (C.E.R) que me han dejado trabajar sobre el proyecto del confort termico para las viviendas ubicadas en altura :

Ing. Rafael ESPINOZA, Freddy HUAYLLA ROQUE, Gonzalo SAAVEDRA SALAZAR

Ademas, quiero agradecer los estudiantes que nos ayudaron a vivir en la U.N.I como los estudiantes peruanos :

Lizette GAMARA, Cristian CISNEROS

Sumario

| | |
|--|-------------|
| 1) La Universidad Nacional de Ingenieria, quien es ?..... | p.6 |
| 2) La practica en la U.N.I..... | p.7 |
| A. Introduccion..... | p.7 |
| B. Secado de madera..... | p.7 |
| a) El proyecto..... | p.7 |
| b) La resolucio n del problema con el Comsol..... | p.9 |
| C. Mi trabajo sobre el proyecto del Centro de Energias Renovables..... | p.16 |
| a) El balance termico del horno..... | p.16 |
| • Calculos..... | p.17 |
| • Modificacion posible para el futuro..... | p.18 |
| b) Instalaciones..... | p.18 |
| • Descripcio n de una casa tipica de la comunidad | p.19 |
| • El trabajo en la comunidad | p.19 |
| c) Conclusio n tecnica..... | p.19 |
| 3) Enriquecimiento..... | p.20 |
| A. Profesional | p.20 |
| a) Autonomia..... | p.20 |
| b) Conocimientos usados durante la practica..... | p.20 |
| B. Personal..... | p.21 |
| a) Un modo de vida diferente..... | p.21 |
| b) Cambios que noté..... | p.21 |

Adjuntos

| | |
|---|------|
| Adjunto I - Horno para secar la madera..... | p.22 |
| Adjunto II – Mapa de Peru..... | p.23 |
| Adjunto III – Horno mejorado..... | p.24 |
| Adjunto IV – Comunidad de San Francisco de Raymina..... | p.25 |
| Adjunto V – Casa estudiada en la comunidad..... | p.26 |
| Adjunto VI – Bola negra..... | p.27 |
| Adjunto VII – Foto del ingeniero Freddy Huayllaroque..... | p.28 |

1) La Universidad Nacional de Ingenieria, quien es?

Hace 130 años que la Universidad Nacional de Ingenieria (U.N.I) esta formando ingenieros especializados en varios ordenes como la ingenieria electrica, mecanica, ambiental, quimica, infomatica... La U.N.I tiene once facultades y todas son facultades scientificas.

La U.N.I es la universidad la mas conocida de Peru : muchas empresas buscan estudiantes que salen de esa universidad porque son jovenes y calificados. Ademas, la U.N.I ayuda al desarrollo del Peru y es dueño de varias empresas : UNIPETRO ABC, SERVIUNI y PETROUNI que es la unica petrolera operadora en el mundo administrada por una universidad. Fue inscrita en los registros publicos en el año 1992.

En la U.N.I, hay muchos scientificos que trabajan sobre proyectos en laboratorios. Tambien, hay un centro de energias renovables donde varios ingenieros se ocupan de proyectos. Entonces, el intercambio entre profesores, ingenieros y estudiantes es muy facil.

2)La practica en la U.N.I

A.Introduction.

Durante la estancia, he trabajado juntos con un otro estudiante frances de la universidad Joseph Fourier : Sébastien Rocher. Teniamos que trabajar sobre dos proyectos : un sobre el secado de madera y el otro que es una propuesta tecnica de confort termico para viviendas en comunidades localizadas entre 3000 y 5000msnm. El secado de madera es un proyecto que consiste a realizar varios modelos matematicos para saber en cuanto tiempo la agua se va de la madera. Nuestro trabajo estuvo de hacer un modelo sobre el software Comsol Multiphysics. La otra parte de nuestra practica a la U.N.I fue al Centro de Energia Renovables : hicemos un balance termico sobre el nuevo fogon. Teniamos que calcular a donde se va la energia y cuales son los porcentajes que se van por el suelo, por el humo... Ademas, sobre este proyecto, fuimos en una comunidad de la sierra para una parte de instalacion sobre las viviendas.

B. Secado de madera – Software Comsol

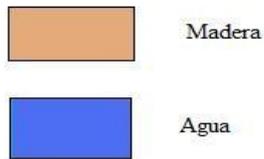
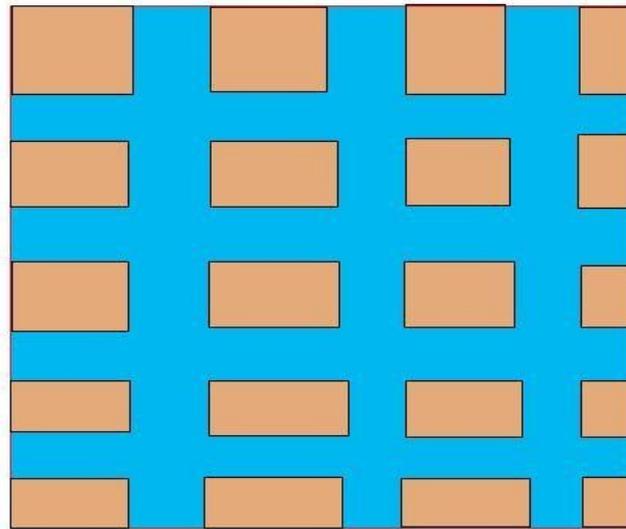
a) El proyecto

He trabajado en el Centro de Tecnologia de Informacion y Comunicacion de la U.N.I (el C.T.I.C) para este proyecto. El proyecto era con un grupo constituido de estudiantes y de profesores principalmente especializados en matematicas e informatica.

El objetivo del proyecto es de simular el secado de madera en un horno (ver adjunto I) usando diferente software para tener una idea del tiempo de secado. Yo tenia que resolver el problema usando el software Comsol Multiphysics.

Durante el ano escolar, hubo solo cinco clases de informatica. Entonces mi conocimiento del software fue muy basico para resolver un problema tan completo.

Regularmente, hice, con el grupo de trabajo, una reunion para hablar y ver como avanzabamos. Nos pusimos de acuerdo para hacer el estudio en el Comsol con el modelo siguiente :

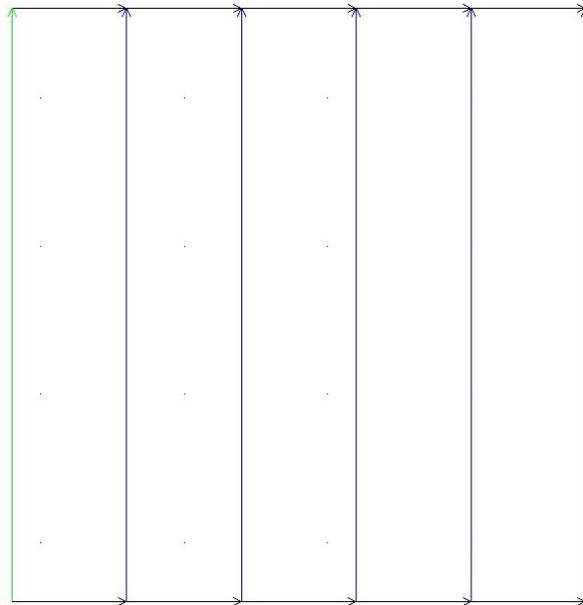


Dibujo hecho a la mano. Las dimensiones no importan. Solo importa la disposicion de la madera y de la agua.

Es un modelo en dos dimensiones representando la madera humeda con parte de madera seca y parte de agua. No llegue a resolver el problema con este modelo. Entonces, hemos simplificado el problema alternando laminas de madera y laminas de agua. He intentado ver como la calor se propaga en la madera humeda sobre el software. Vamos a ver la resolucion en Comsol en la parte siguiente.

b) La resolución del problema con el Comsol.

Para empezar, he hecho un dibujo que podemos ver abajo. He hecho el dibujo en 5 partes, Queremos representar partes de madera y partes de agua, entonces, de la izquierda a la derecha hay laminas de madera alternando con laminas de agua empezando por una lamina de madera a la izquierda.



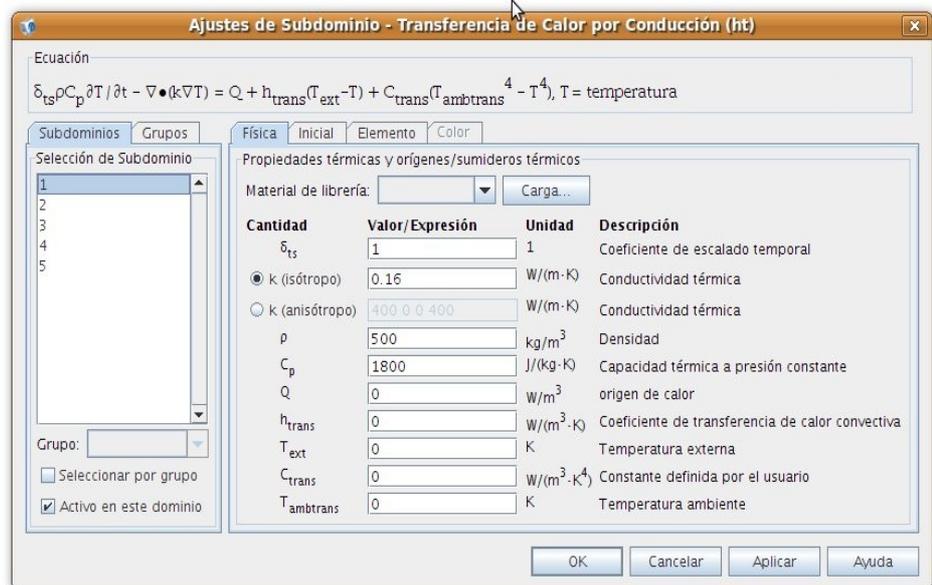
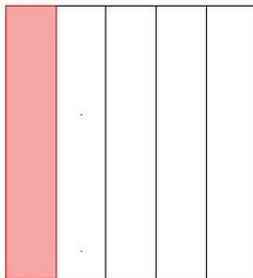
Propiedades térmicas de la madera

Abajo, se puede ver las propiedades de la madera :

- Conductividad térmica
- Densidad
- Capacidad térmica presión constante

Estas propiedades son aproximadas y no precisas porque cada tipo de madera tiene diferentes propiedades. Lo que nos importa es que el software logra a resolver el problema. Una vez que el problema se puede resolver, solo tenemos que adaptar las valores al tipo de madera que usamos.

Entonces hemos puesto como un promedio de diferentes propiedades de diferente tipo de madera.



Propiedades térmicas de la agua

Después en la imagen abajo podemos ver las propiedades térmicas del agua. Como antes, hemos puesto las propiedades siguientes:

- Conductividad térmica
- Densidad
- Capacidad térmica presión constante

Esta vez las propiedades son mas precisas porque son las propiedades de la agua que conocemos.

Subdominios Grupos

Selección de Subdominio

| Subdominio | Grupo |
|------------|-------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |

Grupo:

Seleccionar por grupo

Activo en este dominio

Ajustes de Subdominio - Transferencia de Calor por Conducción (ht)

Ecuación

$$\delta_{ts} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q + h_{trans}(T_{ext} - T) + C_{trans}(T_{ambtrans}^4 - T^4), T = \text{temperatura}$$

Física Inicial Elemento Color

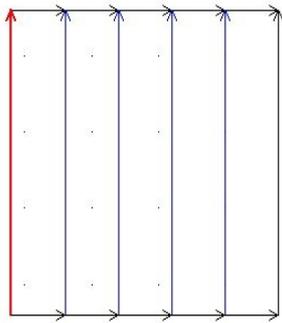
Propiedades térmicas y orígenes/sumideros térmicos

Material de librería: Carga...

| Cantidad | Valor/Expresión | Unidad | Descripción |
|---|-----------------|-------------------------------------|---|
| δ_{ts} | 1 | 1 | Coefficiente de escalado temporal |
| <input checked="" type="radio"/> k (isótropo) | 0.6 | W/(m·K) | Conductividad térmica |
| <input type="radio"/> k (anisótropo) | 400 0 0 400 | W/(m·K) | Conductividad térmica |
| ρ | 1000 | kg/m ³ | Densidad |
| C_p | 4185 | J/(kg·K) | Capacidad térmica a presión constante |
| Q | 0 | W/m ³ | origen de calor |
| h_{trans} | 0 | W/(m ³ ·K) | Coefficiente de transferencia de calor convectiva |
| T_{ext} | 0 | K | Temperatura externa |
| C_{trans} | 0 | W/(m ³ ·K ⁴) | Constante definida por el usuario |
| $T_{ambtrans}$ | 0 | K | Temperatura ambiente |

OK Cancelar Aplicar Ayuda

Los ajustes de contorno – frontera izquierda



Ajustes de Contorno - Transferencia de Calor por Conducción (ht)

Ecuación
 $T = T_0$

Contornos Grupos

Selección de contorno

| | |
|---|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |

Grupo:

Seleccionar por grupo

Contornos interiores

Coeficientes Color/Estilo

origenes y restricciones de contorno

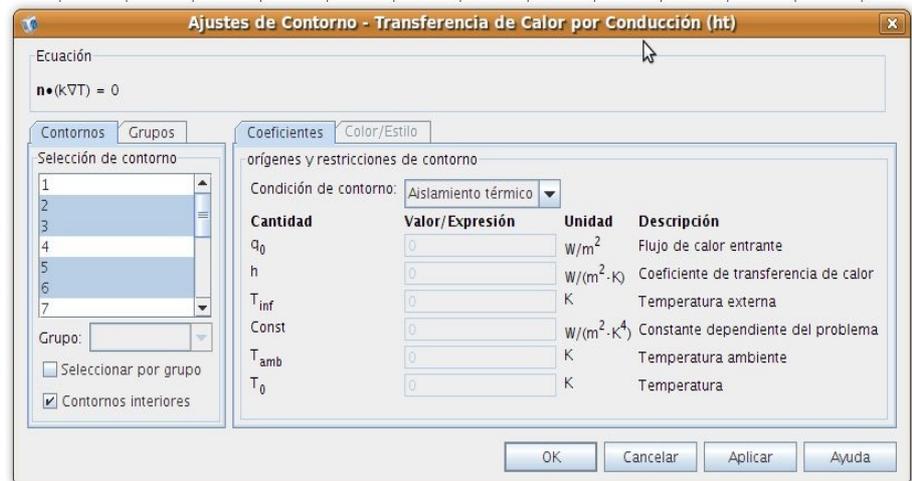
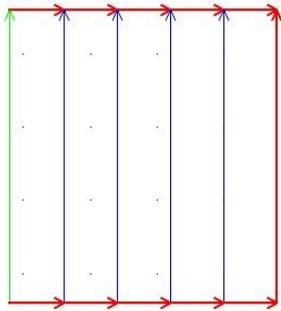
Condición de contorno: Temperatura

| Cantidad | Valor/Expresión | Unidad | Descripción |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|--|
| q_0 | 0 | W/m ² | Flujo de calor entrante |
| h | 0 | W/(m ² ·K) | Coefficiente de transferencia de calor |
| T_{inf} | 0 | K | Temperatura externa |
| Const | 0 | W/(m ² ·K ⁴) | Constante dependiente del problema |
| T_{amb} | 0 | K | Temperatura ambiente |
| T_0 | 350 | K | Temperatura |

OK Cancelar Aplicar Ayuda

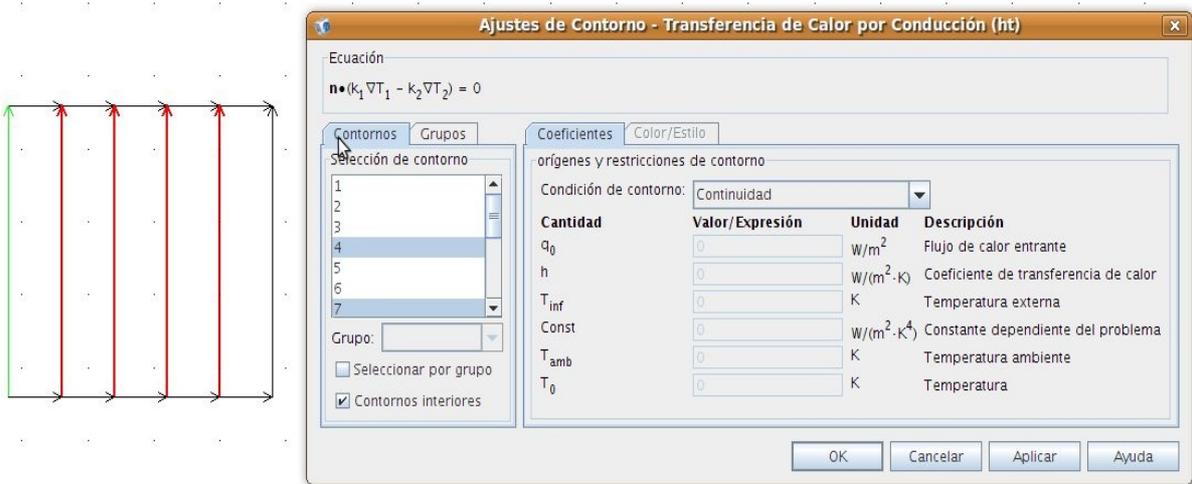
Pongo una fuente de calor a la izquierda . La condición de contorno es la temperatura de un valor de 350K. Solo hay una fuente de calor que circula de la izquierda a la derecha paralela al suelo.

Los ajustes de contorno – frontera de arriba y de abajo



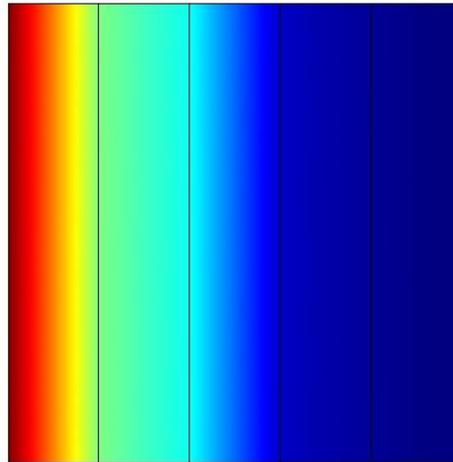
Para los lados de arriba y de abajo, le pongo como aislamiento termico porque el flujo es horizontal y hago la hipotesis que no hay perdidas de calor sobre las extremidades.

Los ajustes de contorno – fronteras entre laminas



Para terminar con los ajustes de contorno, el flujo de calor pasa a través de cada lamina de madera y de agua, es por eso, pongo una condición de continuidad entre las laminas.

Estructura de las temperaturas en el modelo



Al final, vemos que el flujo de calor pone mucho tiempo para homogenear la temperatura en la madera. Es un proceso muy lento porque el mixto de madera y de agua es un material que podríamos comparar a un aislamiento. Es un conductor de calor muy malo. Por ejemplo, para las características de la madera que hemos entrado en el software, notamos esta imagen a 4 días de secado para un espesor total de 10 centímetros. Vemos que la temperatura no está homogeneada en la madera. Solo la primera lamina que es de madera de capacidad termica de 1800 J/kg.K . La segunda lamina es de agua con una capacidad termica mas alta : 4185 J/kg.K . Entonces la velocidad de propagacion de la calor sera diferente dependiente de la capacidad termica de cada lamina. Si hubiermas tomado el otro modelo, podemos pensar que la manera de propagar la calor habria sido diferente por la otro disposicion de agua.

C. Mi trabajo sobre el proyecto del C.E.R

El proyecto « Propuesta técnica de confort térmico para viviendas en comunidades localizadas entre 3000 y 5000 msnm » consiste a mejorar el confort térmico de la gente que vive en dos regiones de Perú : en la región de Puno alrededor del lago Titicaca (la región la más fría del país) y en la región de Ayacucho. Este proyecto es para las familias que viven en las comunidades de la sierra donde los inviernos son duros (que viven sin dinero, construyendo su casa con las cosas que tienen en su ambiente) . No estuve bastante tiempo en Lima para hacer las modificaciones en la región de Puno. Yo trabajé solo por la comunidad de San Francisco de Raymina en la región de Ayacucho (ver adjunto II).

Las dos regiones tienen un clima diferente. En Puno, las noches son más frías que en Ayacucho por la causa de la altura (más o menos 4000msnm) y también por la presencia del lago Titicaca que aumenta el frío. Durante el día, el sol quema más en Puno porque es más alto que en Ayacucho. Cada región tiene un clima y ambiente especificado. Entonces, el proyecto dirigido por el ingeniero Rafael Espinoza se separa en dos casos diferentes. Luego, vamos a ver el proyecto para la región de Ayacucho.

Trabajé únicamente por la región de Ayacucho. Durante el proyecto, todas las instalaciones y modificaciones se hacen en la casa de una familia que vive en la comunidad de San Francisco de Raymina.

Se tienen dos grandes objetivos :

- Realizar algunas modificaciones en la vivienda actual para convertirla en un lugar más cálido para el poblador.
- Proponer un nuevo tipo de vivienda que le permita al poblador una mejor forma de vida.

a) El balance térmico del horno.

Los fogones no tienen chimenea para evacuar el humo de las lenas quemadas. Entonces, todo el humo se queda en la cocina. Para los pobladores, la cocina es el lugar el más caliente de la casa ; es por eso que se quedan en la cocina con el humo para disfrutar de la calor. Pero, por la causa del humo, hay muchas enfermedades de los pulmones.

Para mejorar la salud y las condiciones de vida, han construido un nuevo horno hecho en ladrillos crudos y barro. Este horno es mucho mejor térmicamente y también para la salud porque todo el humo sale por la chimenea (ver adjunto III).

Hice un balance térmico sobre el nuevo fogón para responder a un objetivo principal :

- Hacer por cada tipo de energía un porcentaje de la energía total.

Primero busqué todos los datos que necesito y tenía que hacer algunas hipótesis para lograr el balance térmico. Necesité conversar con ingenieros del CER para ver las hipótesis que podía hacer y también necesité hacer búsquedas para encontrar datos como la temperatura del fuego o la conductividad térmica de la pared del horno. Así se puede ver las condiciones siguientes que he utilizado

Hypothesis :

- $T_{\text{humo}} = 473 \text{ K}$
- $T_{\text{fuego}} = 573 \text{ K}$
- $T_{\text{pared}} = 323\text{K}$, hypothesis de una temperatura constante
- $T_{\text{ambiente}} = 283\text{K}$
- El horno es hecho en Ladrillos crudos y barro. Sea la conductividad de la pared $\lambda = 0.2 \text{ W/m.K}$.
- El suelo a 0.5m abajo del fogon tiene una temperatura casi constante de 279K.
- $S_{\text{sol}} = 1\text{m}$
- $S_{\text{pared interior}} = 1.8\text{m}$
- Quemamos 9kg de lenas en 2 horas.
- La lena tiene 50% de humedad.

Al hablar con profesores, estudiantes y haciendo busquedas sobre el internet, he encontrado todas las datos que necesitaba. Ahora, empiezo los calculos.

● Calculos

○ $Q_{\text{total}} = Q_{\text{conduccion}} + Q_{\text{suelo}} + Q_{\text{humo}}$

La energia hecha por la combustion de las lenas, sale en tres distintas energias :

- La energia perdida en el humo
- La energia que cruza las paredes del fogon
- La energia que sale por conduccion en el suelo

- Q_{total} es la energia total producida por la combustion de las lenas

- $Q_{\text{conduccion}}$ es la energia cruzando las paredes del fogon

- Q_{humo} es la energia saliendo por el humo

- Q_{suelo} es la energia saliendo por el suelo

1. Energia del humo

- $Q_{\text{humo}} = M_{\text{agua}} * C_{p \text{ agua}} * \Delta T + M_{\text{agua}} * L + M_{\text{Vapor de agua}} * C_{p} * \Delta T$
- $Q_{\text{humo}} = 4,5 * 4.185 * (82-10) + 4.5 * 2200 + 4.5 * 1.963 * (200-82) = 12.3 \text{MJ} = 68\%$

2. Energia en el suelo

Conocemos $S_{\text{sol}} = 1 \text{m}$

- $\Phi = \Delta T / R_{\text{th}} = (573 - 279) / (0.50 / (0.2 * 1)) = 118 \text{ W}$
- $Q_{\text{suelo}} = \Phi * \Delta t = 118 * 2 * 3600 = 0.85 \text{MJ} = 5\%$

3. Conduccion en la masa del fogn

Conocemos $S_{\text{pared}} = 1.8 \text{m}$

- $\Phi = \Delta T / R_{\text{th}} = (573 - 323) / (0.15 / (0.2 * 1.8)) = 600 \text{W}$
- $Q_{\text{Conduccion}} = \Phi * \Delta t = 600 * 2 * 3600 = 4.32 \text{MJ} = 24\%$

- Modificacion posible para el futuro :

Por este calculo, puedo ver que las perdidas por el humo son muy importantes con 68%. Si el C.E.R puede instalar tubos creando un intercambio de calor con la chimenea, la energia perdida por el humo podria servir a calentar agua que seria utilizada para lavar a los ninos o serviria para la cocina usando menos energia por el horno.

La modificacion que propuse es para el futuro porque hay muchas otras modificaciones que mejoraran mas la calidad de vida de los pobladores como el aislamiento al techo, a los paredes, tambien hay mucha energia que se pierde por las ventanas y las puertas.

b) Instalacion

Ademas del balance termico, me fui en la comunidad de San Francisco de Raymina para ayudar a las instalaciones (ver adjunto IV).

El objetivo de la instalacion es de construir una casa tipica que podra luchar mejor al frente de las condiciones meteorologicas especializadas del lugar.

Para lograr al objetivo, tenemos que seguir dos hypotesis :

Los materiales sirvando a la construcion de la casa deben encontrarse en la region facilmente.

La arquitectura debe ser muy simple para que los campesinos puedan construirla de manera muy simple.

- Descripción de una casa típica de la comunidad :

Alla, los techos son de chapa. La chapa es uno de los materiales los peores para guardar la calor en una casa. En efecto, este material reflexiona toda la radiación del sol. De manera general, los techos tienen un aislamiento muy malo. En el mejor caso, se puede encontrar una lamina de paja entre dos laminas de chapa.

Los paredes son hecho con tierra y barro (ver adjunto V).

- El trabajo en la comunidad :

Hace mas de un año que el proyecto ha empezado. Varias modificaciones fueron construidas como ventanas en el techo, un nuevo horno mas eficiente, han puesto paja en el techo para el aislamiento antes que llegue en el proyecto.

Trabaje en colaboración con Sebastien Rocher. Fuimos en la comunidad para encargar las medidas de los sensores y para poner los sensores para las siguientes medidas.

Primero, hemos retirado los conectadores de sensores. Hace mas de un año que el proyecto ha empezado, y casi igual que la casa tiene su 45 sensores midiendo temperatura y humedad al interior y exterior a diferentes sitios. En cada sala de la casa hay una bola negra (ver adjunto VI) que puede medir la radiación. Cada 40 días, hay que cambiar las baterias de cada conectador y tambien tenemos que encargar los valores en un software.

Luego, encargo de las medidas sobre el software por el ingeniero Freddy Huayllaroque (Ver adjunto VII).

Por fin, fijamos los sensores en otros lugares para las proximas medidas. Hay lugares mas importante que otros. Por ejemplo, la pared separando el horno antiguo del exterior. Ver la influencia de la posición del horno es muy interesante. Debe ser mejor que el nuevo horno este contra una pared interior a la casa. La energía quedara mas en la casa y permitira de calentar la casa de manera mas homogénea. Cuando se podra usar el nuevo horno, ellos podran ver la influencia de la posición del horno sobre la temperatura en las salas.

c) Conclusion técnica

Después del trabajo con el C.E.R, me di cuenta de la importancia de las energías renovables. Cada lugar, con poco o mucho dinero, puede disfrutar del ambiental para producir energía. Podemos disfrutar de la energía solar con cada nivel de desarrollo. En Francia, disfrutamos de la energía solar para calentar agua o para producir electricidad usando paneles solares. En Perú, trabajamos sobre la orientación de las casas para que reciben mas radiación. También intentamos poner ventanas para capturar la energía solar.

3) Enriquecimiento

A. Profesional

a) Autonomia

Trabajé en la U.N.I sobre proyectos : tenia que hacer un balance termico. Para hacer la balance, tenia que encontrar varias otras informaciones como temperaturas, dimensiones, conductividades termicas... Es una diferencia con las clases : hay todas las informaciones que necesitamos en el ejercicio. Pero, en el proyecto nadie conocia esas datos, entonces tenia que reflexionar solo para encontrar a las datos. Cuando tenia pregunta, podia ir a ver ingenieros, profesores o estudiantes de la U.N.I, una persona que pensé que podia contestarme. A veces, ellos pueden ayudar dando aconsejos. A menudo no saben exactamente porque son casos especificados. Es por eso que debia buscar sobre el internet, hablar con personas que me ayudaron para orientarme y para que haga las mejores aproximaciones de las datos que me faltaban. Entonces, la practica me ha ensenado a organizarme sin que nadie me diga lo que debo hacer. Era a mi de hacer lo que pienso para que el trabajo avanza, por ejemplo contactar personas, buscar en el internet...

b) Conocimientos usados durante la practica

Cuando trabajaba sobre el balance termico del horno, tenia que recordar de las clases de combustion. Conocia el Poder Calorifico Inferior y la cantidad de lenas a quemar. Con eso, tenia que calcular las perdidas por humo, perdidas por suelo... Mas o menos igual a los ejercicios hecho en clase. Usé mi conocimiento en combustion y tambien de transmision de calor para reflexionar adonde se iba la energia producida por el fuego. Tuve que calcular algunas resistencia termica. Para la parte de trabajo sobre el secado de madera. Necesité mi conocimiento en informatica para usar el software Comsol. Recuerde de las cinco unicas clases de informatica y pienso que no es suficiente para manipular corectamente el Comsol que es un herramienta muy completo.

B. Personal

a) Un modo de vida diferente

La comunidad donde estuve tiene mas o menos veinte casas. El pueblo lo mas cerca esta a 45 minutos en colectivo. Vi la manera de vivir de la gente que vive en altura en comunidades : una vida diferente, la gente vive sin saber lo que pasa en el mundo, no conocen el consumo como en la civilizacion occidental. Viven de lo que cultivan y de los animales que educan. Solo piensan en sobrevivir, cultivar, intercambiar productos para tener lo que falta para la comida o para que cada persona de la familia tenga lo minimo para estar bien : para que cada persona no tenga hambre, para que cada persona pueda dormir con un minimo de confort.

b) Cambios que noté

Mi viaje a Peru, me ha traído un mejor conocimiento de mi persona. Antes siempre pensé a los momentos del futuro que me preocupaban. Hoy, hay cosas de la vida que me parecen mucho menos importantes. Entonces, esas cosas me preocupan menos. Así vivo mejor disfrutando de los momentos si no estoy frente a un problema y arreglo el problema si estoy frente a uno. Vivo mas cada momento.

Tengo una confianza en mi mas grande, si he logrado vivir en un pais que no conocia con una cultura tan diferente como la cultura peruana, yo puedo vivir en mi pais nativo con mas facilidades.

Antes del viaje, habia personas que no me gustaban, que encontraba aburridas. Entonces, no podia escucharlas y yo no conocí lo bueno de cada persona. Ahora, cuando una persona me cuenta algo, su vida o sus problemas yo la escucho y estoy interesado por lo que dice. Pienso que en cada persona hay algo de bueno que vale la pena de conocer.

Los esfuerzos que hice cada dia para entender lo que me decian la gente son muy positivos para mi. Ahora, entiendo mejor el ingles porque suelo hacer esfuerzos para entender cada palabra. Además, pienso que me ha aumentado mi capacidad a concentrarme sobre lo que dice una persona.

Ahora, he visto la gente en un otro continente que el nuestro. Vi que es un modo de vida diferente pero ahora que conocí gente en Peru, que encuentre personas de muchos paises diferentes, la actualidad en el mundo me concierne mucho mas. Antes, me parecia muy lejos un pais del continente Americano, de Africa, de Asia, mismo de Europa del este. Ahora que me fui a Peru, encuentro muy facil de ir a cualquier lugar del mundo y tambien es muy rapido. Además, estoy mucho mas preocupado por la actualidad en el mundo. Todo me parece mas cerca de mi.

Adjunto I



Horno para secar la madera – CITEmadera, Parque industrial de Villa El Salvador.

Adjunto II



Mapa del Peru para localizar las regiones de Ayacucho y Puno

Adjunto III



El nuevo horno ya instalado

Adjunto IV



Comunidad de San Francisco de Raymina - 3700 msnm -

Adjunto V



*La casa estudiada para las modificaciones :
Podemos notar 5 ventanas ya instaladas en el techo.*

Adjunto VI



Bola negra

Adjunto VII



El ingeniero Freddy Huayllaroque cargando las medidas sobre el software.