

PONENCIA

“La articulación con el estado boliviano del avance científico y tecnológico de la vivienda bioclimática de altura en el altiplano”

Arq. Fortunato Condori

1. Antecedentes

Esta ponencia de “vinculación con el estado boliviano del avance científico y tecnológico de la vivienda bioclimática de altura en el altiplano” se realiza en base a la inspiración de un trabajo de investigación realizada por el “INSTITUTO DE INVESTIGACIONES-CIENCIAS DEL HÁBITAT”, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo denominado “Recuperación de Sistemas Constructivos Tradicionales para la Vivienda Bioclimática”, proyecto presentado a la Dirección de Postgrado e Investigación Científica” de la U.T.O. con Financiamiento del IDH. ejecutado gestión 2008 -2009.

La investigación identifica el comportamiento del uso de los materiales tradicionales en el sistema constructivo en escenarios Medio Ambientales, naturaleza y al aprovechamiento de la energía solar ya sea por transferencia, conductividad y otros principalmente para comprender el confort de habitabilidad de las familias que habitan en el altiplano “en alturas” realizadas en diferentes lugares del Departamento de Oruro, que han perdurando por similitud o repetición por miles de años.

Como resultado, se tienen las bases y parámetros e indicadores de las viviendas-modelos en lo estético- funcional y formal construido en base al uso del adobe o champa, recuperando del desarrollo de “una arquitectura de la vivienda

bioclimática” y comprendiendo el acondicionamiento de las viviendas bioclimática del altiplano (zonas altas) para las familias de asentamientos dispersos de las áreas rurales del departamento de Oruro.

El manejo del conocimiento científico generado por la Universidad, no tienen una metodología de vinculación con el Estado y menos con el Colegio de Arquitectos, lo que significa que una mayoría de los Arquitectos, o por lo menos los interesados no tienen posibilidad de participar en esta clase proyectos con el Estado.

2. Justificación y Motivación

El Plan Nacional de Desarrollo respecto a la vivienda de LA PROPUESTA DE CAMBIO, está basado en concepción sintetizado en el “vivir bien” que recupera el protagonismo de los contenidos de nuestros propios valores, en términos pluriculturales y multiétnicos, “como la integración intercultural en construcción, recuperando prácticas sociales abandonadas, de tal manera que las políticas públicas puedan considerar, en la aplicación de las normas establecidas para la construcción la seguridad y la preservación del medio ambiente, con la revalorización territorial y socioeconómica, bajo una concepción habitable, intercultural, comunitaria, ecológica e innovadora.

Se realizan políticas transectoriales donde Cultura (manejo de materiales tradicionales y tecnologías alternativas locales, respeto a las formas culturales de Hábitat) se convierten en Ciencia y tecnología (investigación en tecnologías apropiadas). Lo destacable es que en el capítulo **CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN** se tiene planteado crear una oficina denominado Ciencia Tecnología e Innovación (CTI), como herramienta para la implementación de los

distintos modelos de desarrollo. con la que La CTI, en la mayoría de ellos desarrolla sus actividades en las universidades estatales.

Las viviendas sencillas denominadas putukus, huayllachis o morokutas (construcciones circulares realizadas con materiales de adoche o champas) están siendo devaluadas ante el avasallamiento de la era del Siglo XX, que se ha convertido en la era de la devastación y degradación del medio ambiente, donde a pesar de existir una serie de políticas como la del Estado se han tergiversado del buen valor de las viviendas con tecnologías tradicionales que tienen los habitantes locales.

Ante estos hechos, esta propuesta ofrece la revalorización del uso de los materiales locales vinculados a responder al Plan Nacional de Desarrollo del Estado Boliviano.

3. Objetivos

Proponer una base metodológica de la articulación con el estado boliviano del avance de investigación científico y tecnológico de la vivienda bioclimática de altura en el altiplano del Departamento de Oruro.

Dar a conocer una reseña sobre la experiencia del avance de la ciencia en tecnología para la vivienda bioclimática que actualmente desarrolla el Instituto de Investigaciones – Ciencias del Hábitat, con motivo de la puesta y vinculación con Instituciones del Estado (Prefectura y Ministerios) que permita articular la investigación académica con la Hipótesis de creación de competencias profesionales del Arquitecto para intervenir con normativas y reglamentaciones

4. Planteamiento del problema

- El Estado no toma en cuenta los resultados de la investigación y menos hacen que lleguen a las comunidades rurales y que se integren a sus proyectos de desarrollo.
- El Estado no tiene una relación Institucional del Colegio de Arquitectos y la Universidad u otras organizaciones académicas que pueda autorizarse para el uso de las innovaciones tecnológicas de investigación.
- Se tienen pocos ejemplos de instituciones de investigación que se involucre con el sector social en áreas rurales, aunque es precisamente este tipo de interacción la que puede fomentar la innovación y apoyar los esfuerzos de desarrollo comunitario en las áreas rurales.
- Por tanto, los procesos de participación del arquitecto en la parte académica carece de contexto social, político y económico, que permita responder significativamente a los problemas que el mismo contexto necesita como demanda.
- La articulación de los mecanismos de generación de conocimiento están impulsados por instituciones que la sociedad no conoce, es decir que los conocimientos acabados de las instituciones no son mecanismos que lleven a impulsar la construcción de los problemas reales y de las capacidades para la solución.

- Falta de instrumentos metodológicos que permitan una mayor interacción e integración a través de Programas y Proyectos que supere las formas tradicionales de relación entre la investigación y los grupos sociales, bajo la premisa de lograr impactos reales y perdurables en el proceso de transformación que el Estado Plantea.
- No se tiene construido un instrumento que posibilite un acercamiento más eficaz del CAB, Universidades con el ESTADO y el sector social en atención a las demandas y requerimientos tecnológicos para avanzar en viviendas respetando su cosmovisión local en el área rural.

5. Experiencias de avance científico tecnológico

Lugares de Intervención

Se toma en cuenta las nacionalidades originarias, con una vivienda más representativa de la región: Llapallapani, Cochini(Qaqachaca), Qulluhuma y Challacollo.



Departamento de Oruro dividido en 4 nacionalidades originarias

- **La arquitectura local bioclimática** : Cada lugar tiene su propia configuración geológica, donde no sufre alteraciones violentas del Medio Ambiente como el clima, la topografía que son propias de cada lugar. Es en ese sentido que al encontrar experiencia de constructividad y organización espacial en correspondencia de la cosmovisión local ya que su convivencia con el habitat está ligado a la disponibilidad del espacio organizado en función a la tenencia de los materiales locales disponibles de su entorno inmediato.
- **Zona de confort humano:** El cuerpo humano para vivir en confort requiere calor. La temperatura normal del cuerpo en las alturas es de 98,6°F (37°C). Para lograr una constante condición el cuerpo puede regular y controlar esta temperatura con tres métodos; convección, radiación, conducción y evaporación

- **Fundamentos de cálculo**

Se realiza el cálculo del coeficiente de conductividad térmica del adobe (“k”) denominado “*la transferencia de energía térmica*”, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La ecuación que rige la conducción se conoce como la Ley de Fourier Existe La convección natural y convección artificial. Otros conceptos a ser considerados en el cálculo son: Conducción en régimen permanente y Transferencia de calor combinada en paredes, estos calores llegan a la epidermis a través de la circulación sanguínea y se disipa mediante tres factores:

- a) Hacia las paredes de la vivienda por radiación.
- b) Hacia el aire ambiente por convección en la epidermis y vías respiratorias.
- c) Hacia el aire ambiente por evaporación, en la epidermis y vías respiratorias.

La intensidad de los intercambios por radiación y convección depende de las diferencias de temperatura del medio, la temperatura de la epidermis depende a su vez del flujo sanguíneo. La intensidad de los intercambios por evaporación depende de la diferencia de las tensiones de vapor.

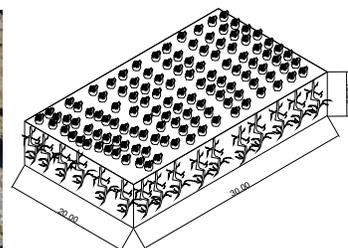
- **Conceptos básicos del adobe:** Es una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la materia prima es barata (o prácticamente es gratuita si uno es propietario). El material base está disponible en la mayoría de los lugares del área rural, puede ser obtenido directamente del lugar donde se ubica la futura construcción, por tanto no existen gastos de transporte de las materias primas. De bajo impacto medioambiental. Pero también se tienen **Inconvenientes** el adobe necesita protección frente a la lluvia (aunque algunos suelos son muy resistentes) y no debe estar expuesto a altos y continuos niveles de humedad.

Ejemplo Uru Murato (Llapallapani)

Históricamente, desde la época precolombina, la población Llapallapani proviene de la cultura Uru Murato.



Llapallapani



Extracción de Tepes y el tepe en el extremo circular

- **El cálculo del coeficiente de conductividad térmica del adobe (“k”)**

Se realiza en el **laboratorio de pirometalurgia** de la carrera de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Los equipos, instrumentos y materiales utilizados son:

Ficha técnica del Mili voltímetro

Ficha técnica de los Graficadores de señal eléctrica,

Ficha técnica del Termómetro de Mercurio,

Ficha técnica de los termopares

Quemador de flujo forzado

Ficha técnica del Calibrador de Vernier

Ficha técnica de los instrumentos de medición de longitud

Los Materiales:

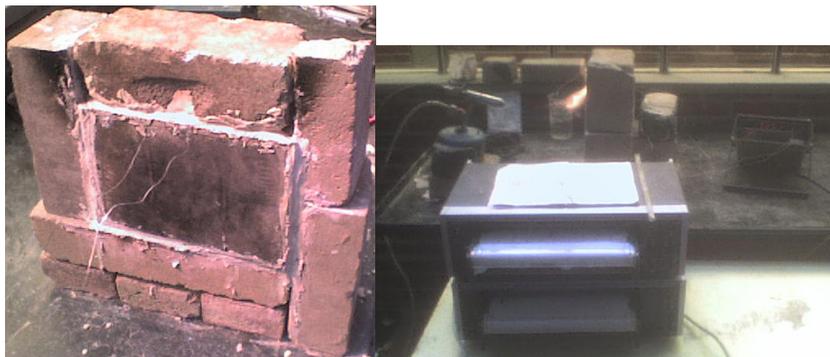
Ficha técnica de la Placa de Asbesto

Ficha técnica de las Placas metálicas

Ladrillos refractarios

Revestimiento Co – Cr

Se realizan una serie de experimentos como el MONTAJE EXPERIMENTAL DE LOS ADOBES



Montaje de la muestra de adobe – Montaje del experimento.

Para el cálculo simplificado del flujo de calor en las viviendas

- Se registran datos a lo largo de todo el día y noche, principalmente en las épocas más críticas del invierno del año 2008, o sea, las temperaturas más frías de todo el año en el departamento de Oruro, de los meses junio, julio y agosto.
- Las épocas de invierno son adecuadas para el estudio y análisis del comportamiento del adobe.
- El margen de error y corrección corresponde al 2%

Los equipos e instrumentos utilizados están basadas en el Montaje de los equipos utilizando termómetro, termo higrómetro en sistema en horario nocturno y diurno



*Ejm.
Se utiliza el termómetro digital y los termopares para medir las temperaturas superficiales externas de las paredes en los 4 lados cardinales de la vivienda*

- **Experiencias de trabajo de campo de investigadores docentes y estudiantes** se basa en el método de “observador participante”, método de acción-participativa de vinculación interacción social.

Experiencias participativas	Resultados esperados	
<p>La participación de los pobladores de Llapallapani se percata de la veracidad de la toma de información por los investigadores, hasta altas horas de la noche.</p>	<p>Se realiza el registro de levantamiento de datos de las temporadas más frías.</p>	 <p><i>Fotografía 117: Toma de datos en presencia de la población llapallapani</i></p>

Experiencias participativas	Resultados esperados	
<p>Muchas veces los instrumentos técnicos utilizados en la toma de datos, han tenido que sufrir las inclemencias de tiempo, quedando al descubierto con el peligro de sufrir caídas y otros peligros no contemplados.</p>	<p>Los instrumentos de trabajo tienen la suficiente capacidad de resistencia, logrando los datos con un mínimo de error permitido. Con los instrumentos, en el aspecto morfológico se toman los datos con mayor detalle</p>	 <p><i>Fotografía 131: Instrumentos utilizando al amanecer en Cochini</i></p>
<p>Se realiza una maqueta representativa de la vivienda de forma circular como del Huayllacha y/o morokuta,</p>	<p>Se realiza la simulación desde el tamaño del adobe hasta la formación según las características de levantamiento de datos e información lograda en el trabajo de campo. En el trabajo de gabinete se estudia el funcionamiento disposición de los adobes y/o champas de este tipo de construcciones.</p>	 <p><i>Fotografía 132: Realización de maqueta para sometimiento de pruebas</i></p>

Se realizan el cálculo de la conductividad térmica del adobe

Se trabaja con la hipótesis de que las pérdidas de calor por las caras laterales tanto de las placas metálicas, así como por las caras laterales del adobe es despreciable, es decir que todas ellas se encuentran perfectamente aisladas del medio ambiente gracias a los ladrillos refractarios y al revestimiento utilizado para sellar las grietas formadas entre las placas y entre los ladrillos.

Se realiza el cálculo simplificado del flujo de calor en las viviendas

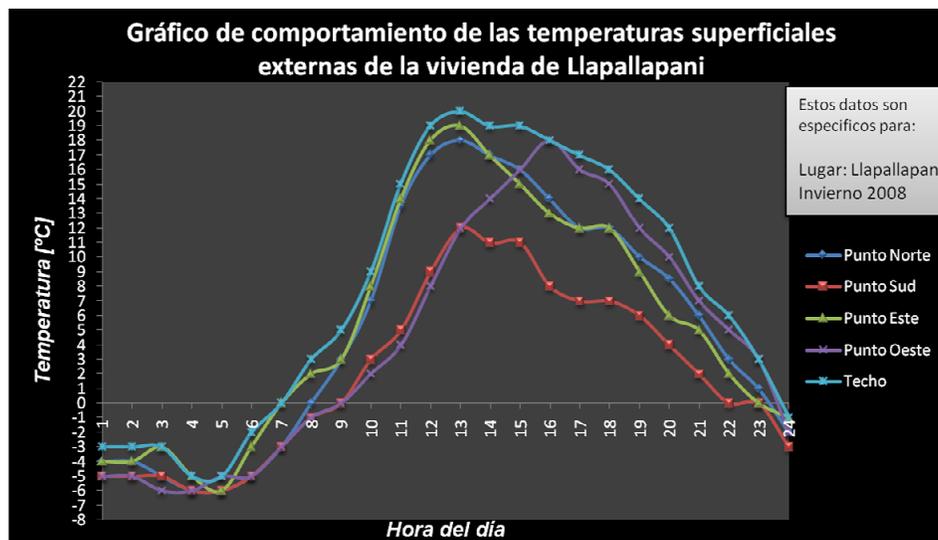


Ilustración 47: Gráfico del comportamiento de la temperatura superficial externa de las paredes

Conclusión

Se observa que las paredes circulares en algún momento, en todas las orientaciones reciben los rayos solares, puesto que están más expuestas al sol. Las orientaciones Norte, Este, y Oeste permiten el aprovechamiento de la mayor cantidad de calor y permite la absorción de calor de los muros durante el día y su posterior conducción de calor en la noche.

La densidad compuesta del carbono y del hidrógeno, hace que el flujo del calor vaya subiendo hacia arriba, lo que demuestra que a pesar del calor intenso que el techo pueda tener, influye medianamente la llegada del calor hacia abajo del piso, y del interior de una vivienda.

Los pisos siempre son más frías en comparación de los muros y el techo, aunque también en relación a la altura del muro desde el piso hasta el techo influye la conservación y tenencia de calor, o sea mientras más alejado esté el techo del piso, mayor es el frío.

El flujo de calor en muros circulares tiene la ventaja de una fácil disipación y dispersión del calor que intenta equilibrar todo el sistema con un calor constante, es decir que intenta igualar las temperaturas ambientales tanto en el interior como al exterior.

La ventaja de los muros circulares es que está expuesta la mayor cantidad de tiempo al sol a partir de la composición de la forma de cono del techo, y permite ganar la mayor cantidad de los rayos solares, en los diferentes ángulos en las cuatro estaciones.

Por ejemplo se realizan ecuaciones con los datos comunes para todos los cálculos **como la: *Transferencia de calor combinada (Convección y Conducción)***

Para las paredes y el techo y piso :

$$Q_T = U * A * (t_{ae} - t_{ai})$$

$$U = \frac{1}{R_e + R_k + R_i}$$

$$R_e = \frac{1}{E h_{ve} + h_{ce}}$$

$$R_i = \frac{1}{1.2Eh_{r,i} + h_{c,i}}$$

$$R_k = \frac{x}{k}$$

Se realiza un balance de calor aportado por los ocupantes

$$100\% \cdot 113 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 131.419\text{W} \quad \text{hombre sentado o con trabajo ligero}$$

$$85\% \cdot 113 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 111.70615\text{W} \quad \text{mujer sentado o con trabajo ligero}$$

$$75\% \cdot 113 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 98.56425\text{W} \quad \text{niño sentado o con trabajo ligero}$$

$$100\% \cdot 98 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 113.974\text{W} \quad \text{hombre sentado o en reposo}$$

$$85\% \cdot 98 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 96.8779\text{W} \quad \text{mujer sentado o en reposo}$$

$$75\% \cdot 98 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 85.4805\text{W} \quad \text{niño sentado o en reposo}$$

Superficie de la pared

$$D_{\text{ext}} := 5.92 \text{ m} \quad \text{Diámetro exterior de la vivienda}$$

$$h_{\text{pared}} := 2.75 \text{ m} \quad \text{Altura de la pared}$$

$$P_{\text{ext}} := \pi \cdot D_{\text{ext}} \quad P_{\text{ext}} = 18.59823 \text{ m} \quad \text{Perímetro exterior de la vivienda}$$

$$A_{\text{text}} := P_{\text{ext}} \cdot h_{\text{pared}} \quad A_{\text{text}} = 51.14513 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie total de la pared exterior}$$

$$D_{\text{int}} := 5 \text{ m} \quad \text{Diámetro interior de la vivienda}$$

$$P_{\text{int}} := \pi \cdot D_{\text{int}} \quad P_{\text{int}} = 15.70796 \text{ m} \quad \text{Perímetro exterior de la vivienda}$$

$$A_{\text{tint}} := P_{\text{int}} \cdot h_{\text{pared}} \quad A_{\text{tint}} = 43.1969 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie total de la pared interior}$$

$$A_c := \frac{A_{\text{text}} + A_{\text{tint}}}{2} \quad A_c = 47.17101 \text{ m}^2 \quad \text{Área media = Superficie total de calculo}$$

$$A_{\text{sp}} := \frac{1}{4} A_c \quad A_{\text{sp}} = 11.79275 \text{ m}^2 \quad \text{Área de cálculo para cada punto}$$

Superficie del techo y piso

$$h_{\text{techo}} := 1.2 \text{ m}$$

Altura del techo

$$A_{\text{ttecho}} := \pi \cdot \frac{D_{\text{ext}}}{2} \cdot \left[\sqrt{h_{\text{techo}}^2 + \left(\frac{D_{\text{ext}}}{2} \right)^2} \right]$$

$$A_{\text{ttecho}} = 29.70132 \text{ m}^2 \quad \text{Área total del techo}$$

$$A_{\text{st}} := \frac{1}{2} A_{\text{ttecho}}$$

$$A_{\text{st}} = 14.85066 \text{ m}^2 \quad \text{Área de cálculo para irradiación}$$

- **Los Cálculos de la Tráferencia de calor de** Flujo de Calor por Conducción y Convección *se realizaron por separado divididas en: paredes, el techo y el piso.*

6. Políticas y Estrategias de Articulación con el Estado

- Organizar las Unidades de Vinculación Profesional (UVP) que se constituirán en el puente y en el tránsito de la retroalimentación entre las necesidades del entorno social y las propuestas de solución que genera la investigación científica y demostrable.
- Desde la práctica de investigación, la Universidad debe dotar de instrumentos investigativos científicos para lograr la plena vinculación con el Estado y el medio social.
- Se debe construir los Conceptos y Metodologías de Vinculación del avance de la ciencia para con el Estado y el Plan de Desarrollo Nacional desde 3 ópticas:
 - a) La Práctica tradicional**
Se refiere a la generación de investigación del conocimiento científico vinculado directamente con el Estado.
- Los que generan el conocimiento mediante las universidades y los Institutos de investigaciones y Sociedades organizadas. La transferencia de estos

conocimientos se pueden realizar mediante: publicación de artículos, libros y patentes, y la organización de congresos, seminarios y debates, que implica la formación de recursos humanos,

- La socialización puede realizarse mediante proyectos de “extensión”, y capacitación, dentro del marco de unas relaciones verticales y unidireccionales, con la Universidad o las entidades que generan el conocimiento.

b) La práctica alternativa

- Se refiere a la generación de proyectos alternativos se integra en función a la demanda social con la oferta de conocimientos en forma horizontal y multidireccional con la experiencia participativa
- Lo que significa que los arquitectos se conviertan en los nuevos **agentes de cambio** en las comunidades o lugares de intervención donde se puedan replicar, mejorar o cambiar. Los resultados de los aportes teóricos, conceptuales y analíticos, estos pueden ser transmitidos por los canales del CAB, y Colegios Departamentales.

c) La práctica de redes

Creación de redes con los diferentes arquitectos. Involucra la estrecha colaboración de muchos actores a través del proceso de producción de conocimientos y generación de consensos. Así se establecen puentes entre los sector público y privado, productivo y académico, local, regional, nacional e internacional, ONG's, organizaciones de productores,

Para ello el encargado de establecer el puente es el CAB y los Colegiados de los diferentes Departamentos.

El paradigma es que los académicos tengan estrecha integración con la masa de los colegiados, y se pueda aceptar y promover estas nuevas modalidades de trabajo intelectual, compartida y puesta en práctica.

7 Recomendaciones

Se debe construir las bases teórico metodológicos y conceptuales, vinculados con los actores sociales de desarrollo

La vinculación debe conceptualizarse como parte sustantiva del proceso de generación de conocimientos, de tal manera que posteriormente se incorporen a los criterios de evaluación académica e institucional en los Colegiados respectivos.

Se debe crear un espacio con recursos financiados del “programa de Vinculación con el Estado” y de Centros de investigación del País y del Merco Sur , donde se debe considerar que las nuevas formas de interacción no solo depende de investigadores, organizaciones sociales o Colegiados, si nó también se refiere a aprender y experiencias de otros países, lo que permitirá tener nuevas estrategias y de articulación con los diferentes actores del estado boliviano, puesto que la retroalimentación permitirá El fortalecimiento de las capacidades locales hacia la solución de problemas y posibilidades de vinculación con el Estado Boliviano.

c) Bibliografía

1. Faires Moring Virgil, termodinámica; Edit. Hispano Americana, España, 1978.

2. Ing. Jesús Gustavo Rojas Ugarte, *Trasferencia de calor*, biblioteca de Ingeniería Mecánica, F.N.I., Oruro
3. W.F. Stoecker, traducido al portugués por José M. Saiz Jabardo, “Refrigeração e ar condicionado”, Universidad de Illinois, Edit. McGraw Hill, Sao Pablo, 1985.
4. H. Y. Wong, traducido al castellano por el Dr. Walter J. Baran, “Manual de formulas y datos esenciales de transferencia de calor para ingenieros”, Edit. Geminis S.R.L., Buenos Aires, 1981.
5. Luis Maldonado Ramos, Francisco Castilla Pascual y Fernando Vela Cossío, *Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de Adobe y bloque de tierra comprimida*, España, junio de 2001.
6. Luis Maldonado Ramos, Fernando Vela Cossío, *Curso de construcción con tierra; Técnicas y sistemas tradicionales*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1999.
7. Luis Maldonado Ramos, Fernando Vela Cossío, *Curso de construcción con tierra (II): Vocabulario tradicional de construcción con tierra*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1999.
8. Luis Maldonado Ramos, Fernando Vela Cossío, D. Rivera Gámez, *Curso de construcción*
9. Wikipedia enciclopedia de consulta libre, *Humedad ambiental*, disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_ambiental
10. Wikipedia enciclopedia de consulta libre, *Psicrometría*, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Psicrometría.html>
11. Pedro Fernández Díez, *Ingeniería Térmica y de Fluidos*, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, España.
12. Leeds & North Company, *Temperature – EMF, Tables for Thermocouples*, referenced to IPTS 68