

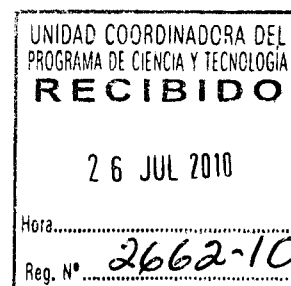


Jr. Conde de Superunda 298, Lima 1  
+(511)6262000, Anexo 4157, Apartado postal: 534, Lima 1

Lima, 26 de julio del 2010

Carta N° 086-2010-ANC

Doctor  
**Julio Caverio Jara**  
Presidente del Consejo Directivo  
Programa de Ciencia y Tecnología (FINCYT)  
Presidencia del Consejo de Ministros  
Presente.-



Estimado Dr. Caverio:

Me dirijo a usted para saludarlo y solicitarle que, conforme a lo acordado en sesión anterior, disponga usted se presente a los miembros del Consejo Directivo del FINCYT una propuesta para crear un Centro de Investigación y Tecnología en Materiales, para ser considerado en la solicitud en preparación para el Programa BID/FINCYT II.

Tal como mencionamos al inicio del documento, ésta es una versión actualizada por la Academia Nacional de Ciencias de una propuesta elaborada en el año 2001 por el físico peruano Dr. Fernando Ponce; el Dr. Ponce es miembro correspondiente de la ANC y ha autorizado este documento, que tiene como anexos, otro preparado en el año 2003 por el Dr. Víctor Latorre, físico y directivo de la ANC; y el Plan Estratégico 2010-2016 del IPEN, remitido por su presidente Ing. Carlos Barreda Tamayo al suscrito.

Se propone la creación de un **Centro de Investigación y Tecnología en Materiales** con la participación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), en Lima, que sería coordinación de la Academia Nacional de Ciencias (ANC), autora de esta propuesta.

El documento justifica la propuesta, describe la conformación del Centro y requeriría de una inversión inicial estimada de US\$ 3,766 millones, con presupuesto estimado de operación anual de US\$ 965 mil.

Confiado en una favorable disposición para debatir este documento, le saludo.

Atentamente,

  
Dr. Roger Guerra-García  
Presidente

**PROPUESTA  
DE LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS  
PARA LA CREACIÓN DE UN**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
Y TECNOLOGÍA  
EN MATERIALES**

**LIMA – PERÚ**

**JULIO – 2010**

## **CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA EN MATERIALES**

### **EL DOCUMENTO**

Esta es una versión actualizada por la Academia Nacional de Ciencias (ANC) de la propuesta formulada en el año 2001 por el físico peruano Dr. Fernando Ponce para crear en el Perú un Centro de Investigación y Tecnología en Materiales.

El Dr. Ponce es miembro correspondiente de la ANC y ha autorizado este documento.

Las circunstancias han cambiado favorablemente, pues a la fecha se cuenta con la promesa de colaboración de varios físicos peruanos radicados en el extranjero y también de químicos peruanos. Se presenta al Comité Directivo del FINCYT para opinión, que de ser favorable, permita reservar una suma importante para atender el desarrollo de la ciencia en el Perú.

Se presentan como anexos, el documento preparado en el 2003 por el Dr. Víctor Latorre, directivo de la ANC, el Plan Estratégico del IPEN 2010-2016, remitido por su presidente Ing. Carlos Barreda Tamayo al presidente de la ANC Dr. Roger Guerra-García.

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Se propone la creación de un **Centro de Investigación y Tecnología en Materiales** con la coparticipación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), en Lima, con la coordinación de la Academia Nacional de Ciencias (ANC). El Centro desarrollará la caracterización y estudio de materiales relevantes para el Perú, en campos tales como la Minería, la Metalurgia, la Arqueología y la Biología, y promoverá el estudio y la investigación de materiales ligados a las nuevas tecnologías: biotecnologías y nanoestructuras.

Después de más de cuatro décadas sin inversiones en el campo de la Ciencia y la Tecnología, particularmente en la ciencia y tecnología de los Materiales, se dan actualmente condiciones favorables para permitir la recuperación de esta actividad fundamental para el desarrollo sostenido del país.

El Centro contará con científicos y técnicos calificados y remunerados dentro de los estándares internacionales, con una mínima participación de personal administrativo. La incorporación del personal se hará mediante contratos renovables bianuales. Los investigadores y profesionales del Centro tendrán la responsabilidad de realizar un doble rol que involucra actividades de investigación y de servicio.

El Centro estará equipado con instrumentación especializada y moderna para el estudio y análisis de materiales. Las siguientes técnicas han sido seleccionadas para la etapa inicial del Centro: Difracción de Rayos X (XRD), Fluorescencia de Rayos X (XRF), Microscopía Electrónica de Barrido (ESEM), Espectroscopia Mossbauer (MS), Microsonda (EPMA) y Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM). La propuesta considera el entrenamiento de un conjunto inicial básico de profesionales en laboratorios del extranjero. El entrenamiento de otros usuarios será hecho en el Centro.

Para la operación del Centro proponemos la supervisión y evaluación de sus actividades, incluyendo la de sus miembros, por un Comité Científico Internacional, que se llevarían a cabo durante los 10 primeros años de operación.

El Centro estaría localizado en un ambiente a ubicar que podría ser del Instituto Peruano de Energía Nuclear en San Borja. La inversión inicial es de US\$3.766 millones, con un presupuesto de operación anual de US\$965 mil. Se espera que la financiación de estas cantidades la realice el Gobierno Peruano con los recursos a recibir del Programa FINCYT II en actual preparación y de la cooperación internacional.

## **INTRODUCCIÓN**

Los grandes avances logrados por el mundo moderno tienen, como soporte esencial, los logros obtenidos por la ciencia e ingeniería de los materiales. Mucho del desarrollo tecnológico actual requiere del establecimiento de una infraestructura para el estudio y la caracterización de los materiales al más alto nivel. En las últimas cuatro décadas la infraestructura para el análisis de materiales disponible en el Perú no ha sido renovada de una manera importante y la mayoría de los equipos existentes ahora han caído en desuso. Por otro lado hay una notoria carencia de instrumentos de caracterización de última generación. Peor aún es el hecho de que la pericia profesional prácticamente no existe. El resultado es que el país entero depende considerablemente de las mediciones que puedan efectuarse en el extranjero para resolver tareas esencialmente sencillas.

En la Justificación se desarrolla un análisis detallado de la situación actual.

Bajo estas consideraciones proponemos la creación del Centro de Investigación de Tecnología en Materiales. Los principales objetivos del Centro serán:

- (a) Establecer un laboratorio básico y moderno, teniendo como componente esencial la Microscopía Electrónica, para la caracterización y análisis de los materiales.
- (b) Capacitar profesionales en el área del análisis y caracterización de materiales
- (c) Desarrollar conocimiento y experiencia ("knowhow") en el uso y aplicación de las técnicas y herramientas para la investigación y el análisis de los materiales en las áreas seleccionadas como estratégicas para nuestro país.
- (d) Brindar servicios de capacitación en el área del análisis de los materiales a los diferentes sectores educativos, productivos y profesionales del país.
- (e) Poner a disposición de las diferentes organizaciones científicas, tecnológicas, empresariales y educativas del país las facilidades del Centro.

El Centro desarrollará las capacidades y destrezas para realizar estudios y caracterizaciones de materiales de interés nacional, en áreas tal como la mineralogía, la metalurgia, la arqueología y la biología. Los Anexos B y C presentan ejemplos específicos del uso actual de las técnicas en el Perú y algunos casos típicos en el extranjero, así como algunas propuestas de actividades en esas áreas para los primeros cinco años del Centro.

## **JUSTIFICACION:**

### **NECESIDAD DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA EN MATERIALES**

En términos generales podemos decir que en el Perú, la responsabilidad del desarrollo de la ciencia y tecnología, ha recaído fundamentalmente en las universidades. La honda crisis social y económica que ha sufrido el Perú en las últimas décadas, repercutió negativamente en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Es así que en el período indicado los estudios sobre desarrollo científico y tecnológico de los países, tanto a nivel mundial (World Flash on Basic Research - Scientometrics) como a nivel de América Latina (GRADE - Indicadores de Ciencia y Tecnología en América Latina 1970-1990) señalan que el Perú a nivel mundial tiene una actividad en este campo prácticamente inexistente. En estudios estadísticos de Latino América se encuentra en el grupo de los menos desarrollados. En la década del 90 al 2000 los patrones han sido similares sin ninguna mejora significativa.

Aunque la situación económica y social del país ha tenido una estabilidad relativa en los últimos años, la honda crisis política y la total indiferencia de los gobiernos en las décadas del 90 y 2000 para aspectos relacionados a la ciencia y la tecnología hace que permanezcamos en una situación de clamorosa postergación a nivel regional.

Han transcurrido diez años desde que este proyecto se formuló por primera vez y en ellos dos gobiernos indiferentes a la promoción de la ciencia en el país. A puertas de elecciones generales que conducirán a un nuevo gobierno en el año 2011 se tiene la esperanza de que esos nuevos mandatarios comprendan la importancia que para el país significa tener un Centro de Investigación y Tecnología en Materiales.

La propuesta de creación del CITM se apoya en los siguientes argumentos:

(a) Debido a la grave crisis que ha afectado al país en las últimas décadas, el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha sido sacrificado. Debe señalarse que los recursos económicos destinados a este rubro, cuando no han sido nulos han sido insuficientes, habiéndose perdido además un alto porcentaje de cuadros calificados en esta área; quienes han abandonado el país desplazándose en su mayor parte hacia países desarrollados y, en menor escala, hacia países de mayor desarrollo relativo del ámbito latino-americano o en su defecto han derivado a otras actividades como la de enseñanza, la industrial o el comercio. Finalmente, los pocos laboratorios existentes, faltos de recursos económicos, han devenido obsoletos ó funcionando en condiciones muy limitadas. Un Centro de Investigación de las características que se plantean sería un foco de atracción para el retorno de muchos, y por otro lado se propiciaría la calificación local de otros.

(b) La Ciencia de los Materiales, por su carácter multidisciplinario, permite integrar de una manera efectiva diferentes sectores de las ciencias básicas y de las tecnologías, y por otro lado establecería una conexión más directa entre el sector productivo y la universidad.

(c) La carencia de laboratorios con equipos modernos y de recursos humanos en ciencia y tecnología tiene consecuencias negativas en la evolución de sectores estratégicos importantes para el desarrollo nacional, como educación universitaria, minera y metalurgia, arqueología, biodiversidad y la ecología.

## **1 EL ESTADO DE LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA:**

En las últimas décadas la honda y dramática crisis nacional ha enfrentado a la universidad peruana a problemas de diversa índole, dependiendo de su condición de estatal o privada. En el caso de las estatales problemas tales como: carencia dramática de recursos económicos, disminución de sus cuadros docentes calificados, deterioro de su infraestructura física (fundamentalmente de los laboratorios) y académica (bibliotecas y centros de documentación), llevaron a las universidades estatales a su mínima expresión y consiguiente desprestigio social. Por otro lado la mayoría de las universidades privadas, por cuestiones de rentabilidad inmediata, no cultivan el área científica. Esto ha significado prácticamente la desaparición del naciente potencial científico y tecnológico del país, asociado a las universidades de los años 60.

La década del 60 fue importante para la universidad peruana (y para la ciencia y la tecnología), entre otras, por las siguientes razones:

- (1) Se priorizó la Educación, alcanzando el sector universitario su más alto nivel de inversión.
- (2) Los docentes universitarios tenían haberes mensuales medianamente decorosos (aprox. 1,000 dólares USA).
- (3) Se observó una significativa presencia de profesores universitarios visitantes en el marco de Cooperación Técnica y Ayuda Internacional, fundamentalmente norteamericanos (Alianza para el Progreso, Cuerpo de Paz, ...) y europeos (Cooperación Técnica Francesa, ....).
- (4) Había apoyo de Fundaciones Privadas (F. Ford, F. Kellog, F. Rockefeller, Smithsonian Institute, Science Foundation, ....) y Organismos Financieros Internacionales (BID) para el desarrollo de la Investigación en Ciencia y Tecnología.
- (5) Había altas perspectivas de Desarrollo Industrial y de generación de empleo.
- (6) Se creó el Instituto Nacional de Planificación (1962), que permite el inicio del establecimiento de una política nacional de desarrollo.

Si bien en la primera mitad de la década del 70 aún se da una actividad significativa en el área de ciencia y tecnología, seguramente por efecto inercial de la década anterior, comienzan a plantearse los primeros actos de desactivación del sector universitario. El gobierno militar crea los Institutos Estatales de Desarrollo Tecnológico con la finalidad de concentrar en ellos funciones de investigación, información y promoción tecnológica (ITINTEC, INICTEL, INGEMMET, ....) en desmedro del sector universitario, se produce un incremento no planificado del número de universidades estatales y privadas, bajo la concepción de que el único rol de las universidades es el de la formación profesional, sin responsabilidad en la investigación. El efecto inmediato de esta política gubernamental es una reducción importante del presupuesto universitario, afectando de paso el salario docente (en 1974 baja a un promedio de \$ 600 dólares USA). Entre las consecuencias más importantes de esta política podemos señalar: escasez de recursos económicos para la renovación y mantenimiento de equipos de laboratorio y bibliotecas; y mediocridad en la enseñanza.

Hacia fines de la década del 70 la situación es crítica, el presupuesto universitario sólo alcanza para el pago de haberes y éstos se han reducido a sumas increíbles de alrededor de \$ 100 dólares USA mensuales, laboratorios y bibliotecas quedan desactualizados, los cuadros docentes más calificados abandonan el país y un sector significativo de los que se quedan pasan a la actividad comercial o industrial. Salvo excepciones puntuales, el nivel académico de los docentes universitarios en esta época está muy por debajo del estándar internacional y por consiguiente la investigación es reducida a aquellos pocos casos en los cuales se recibía apoyo externo. Esta situación se mantiene durante toda la década del 80 con el agravante causado por el terrorismo.

## **2 EL ESTADO ACTUAL EN LAS UNIVERSIDADES:**

En la actualidad, los laboratorios de formación profesional y de investigación en las universidades del país, se encuentran en condiciones muy deficientes, en promedio los equipos de estos laboratorios tienen una antigüedad mayor de 25 años. A la fecha, Noviembre - 2000, existen 55 universidades en el país, 28 son públicas y 27 privadas (sin contar las universidades de estructura empresarial), aproximadamente 1/3 del total de universidades (18) se encuentran en la capital. La población universitaria se estima alrededor de 600,000 alumnos y 33,000 docentes, la universidad peruana es fundamentalmente una universidad de antegrado, solo alrededor del 1% de su matrícula es a nivel de postgrado (en el segmento de Maestría).

La tabla A.1 muestra la distribución de departamentos académicos para universidades estatales y privadas. Nos muestra que un 50% de los departamentos científicos (Física, química, geología y arqueología) y un 40% de los departamentos de ingeniería se encuentran en la capital. Un 90% de los departamentos de ciencia y un 80% de los departamentos de ingeniería están alojados en las universidades estatales.

La baja importancia hacia la ciencia y la tecnología se refleja en el bajo porcentaje de alumnos que se matricula en esta área: 1,5% en el área de Ciencias (9,000 alumnos) y 12% en el área Tecnológica (aprox. 72,000 alumnos).

**Tabla A. 1 Distribución de Departamentos Académicos y Laboratorios en Ciencias y Tecnología en el Perú (1994).**

DEPARTAMENTOS	ESTATALES		PRIVADOS	
	Lima	Provinces	Lima	Provinces
Física	4	8	2	-
Química	3	3	2	-
Geología	1	1	-	-
Arqueología	1	3	1	1
Ing. Civil	2	9	4	10
Ing. Eléctrica.	2	2	-	-
Ing. Electrónica.	3	2	3	3
Ing. Geología	2	4	-	-
Ing. Mecánica	2	2	1	1
Ing. Mecánica – Elec.	1	4	-	1
Ing. Metalurgia	2	8	-	1
Ing. de Minas	2	10	1	1
Ing. de Petróleo	1	-	-	-
Ing. Petroquímica	1	-	-	-
Ing. Química.	2	10	-	-
Ing. Ambiental	1	-	-	-

### **3 LA EDUCACIÓN EN UNIVERSIDADES PERUANAS:**

Debemos señalar que los estudios pre-universitarios en el Perú (11 años) se llevan a cabo en condiciones materiales y pedagógicas muy desfavorables, resultando que el nivel académico de los ingresantes a la universidad es mayoritariamente deficiente. Igualmente en el nivel universitario las condiciones materiales y pedagógicas son precarias, de modo que los egresados son principalmente formados en base a clases "teóricas" magistrales con poca componente experimental formativa.

En la mayor parte de los casos, las universidades para elaborar sus planes de estudios toman como referencia los planes de estudios de las universidades de más prestigio (Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Pontificia Universidad Católica del Perú) o en su defecto adoptan los que corresponden a universidades extranjeras. Todo esto ignorando el soporte experimental respectivo y la calidad docente.



Como hemos mencionado anteriormente, sin olvidarnos de las pocas excepciones del caso, el nivel académico de los docentes está muy por debajo del estándar internacional. Además las precarias condiciones económicas de las universidades no permiten la implementación de programas de reciclaje y ni de capacitación. Debe destacarse así mismo que, el bajo nivel remunerativo en las universidades estatales (aprox. \$ 300 mensuales en promedio) trae como consecuencia que la mayoría de docentes hagan solo el mínimo necesario de la tarea universitaria y salgan a completar su ingreso económico mensual en otros lugares. Resultan así docentes que en su mayoría, para alcanzar niveles básicos de subsistencia trabajan en una universidad estatal y en varias privadas y por consecuencia difícilmente tendrían tiempo para capacitación, reciclaje o investigación.

Salvo el caso de las bibliotecas de la Pontificia Universidad Católica y la Universidad Peruana Cayetano Heredia, son las que más se aproximan al nivel estándar, en ciencia y tecnología, no existe en el país otra biblioteca o centro de documentación que cuente con libros y revistas, actualizadas y en número suficiente en esta área. Además no se cuenta con mecanismos ágiles que apelen a tecnología moderna para el intercambio de información tanto a nivel nacional como internacional.

#### **4 LAS CONDICIONES DE LOS LABORATORIOS UNIVERSITARIOS:**

**Para Educación:** La situación es sumamente deficiente a nivel nacional; la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) es tal vez una de la más equipadas, seguida por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, la Pontificia Universidad Católica y la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Son de destacar los serios esfuerzos que realizan algunas universidades del interior del país, tanto estatales como privadas, podemos citar a la Universidad de Piura, la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cuzco y la Universidad Nacional La Libertad de Trujillo. Debemos agregar que si bien la UNI tiene la más diversificada y amplia infraestructura de laboratorios para la formación profesional, ésta tiene en promedio una antigüedad mayor de 25 años (con algunas pocas excepciones). En el año 1988 el Estado reconoció la importancia de este hecho e incluyó en la ley de presupuesto (Art. 320) el siguiente texto "...Autorízase, a dicha Universidad a concertar endeudamiento externo, con el aval del Estado, hasta por la suma de veinte millones de dólares americanos (U.S.\$ 20 000 000) para equipamiento de laboratorios", sin embargo, el descrédito económico del gobierno de la época era tal que ningún Gobierno, ni Agencia u Organismo Internacional se animó a conceder el crédito.

**Para Investigación:** Aquí la situación es más dramática aún, los pocos laboratorios de investigación que existen, en su mayoría, son producto de donaciones de países amigos, en varios casos de equipos usados, listamos por universidad aquellos que tenían relación con la ciencia de los materiales en el año 2001, relación que requiere actualización, en particular para incluir a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA:**

### **FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**

Laboratorio de Ensayo de Materiales

- Análisis de la Microestructura de los metales y sus aleaciones
- Estudio de la corrosión
- Análisis Metalográficos y Minerográficos

Equipamiento más importante:

Microscopios de luz visible y máquinas de tracción-tensión.

### **FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**

Laboratorio de Espectrometría

- Análisis de composición de rocas, minerales y productos industriales
- Difractometría de Rayos X
- Análisis de estructuras cristalinas

Equipamiento más importante:

- Difractómetro de Rayos X
- Espectrómetro de Absorción Atómica
- Microscopios Ópticos

### **FACULTAD DE CIENCIAS**

Laboratorio de Películas Delgadas y Energía Solar

- Determinación estructural de materiales obtenidos en forma de películas delgadas. Los materiales obtenidos son óxidos de metales de transición, los que son estudiados para dos tipos de aplicaciones: electrocromismo y detección de gases.
- Caracterización de las fases y de la composición química de los materiales obtenidos, y de como son afectados cuando en ellos se insertan cationes de radios pequeños.
- En corto plazo se proyecta elaborar materiales con estructuras nano-cristalinas, a fin de aumentar la relación superficie-volumen, efecto importante para los dos tipos de aplicaciones indicadas.
- Se están implementando en la actualidad las técnicas de rocío pirolítico y sol - gel.
- Producción de recubrimientos duros para aceros, por la técnica de pulverización catódica para aplicaciones en herramientas de corte y en protección de piezas de maquinaria.

#### Equipamiento más importante:

- Difractómetro de Rayos-x
- Microscopios Electrónicos: TEM y SEM
- Espectrofotómetro IR de Transformada de Fourier
- Espectrofotómetro IR por transformada de Fourier
- Espectrómetro de Absorción Atómica
- Sistema de depósito por rocío pirolítico y sol-gel
- Sistema de depósito por "Sputtering"
- Monocromador 325 - 800 nm

#### Líneas de Investigación en Energía Solar:

Durante la década del setenta, se iniciaron en el ITINTEC (disuelto hace tres años) y en algunas universidades, actividades de investigación y desarrollo tecnológico para un aprovechamiento técnico de la energía solar. La actividad principal está hoy en la Universidad Nacional de Ingeniería, en coordinación con varias otras universidades, en particular con las Universidades Nacionales de Tacna, Cuzco, Arequipa y Cajamarca. Los objetivos de estas actividades fueron, y siguen siendo, mayormente de índole educativo y de capacitación, recientemente con énfasis en el campo fotovoltaico (silicio amorfo). Otras actividades son:

- Transferencia de la tecnología de diseño y fabricación de colectores térmicos solares a una empresa privada (ENERSOL, Arequipa).
- Desarrollo de secadores solares artesanales (de auto-construcción por los campesinos), diseminados ahora ampliamente en las regiones del Cusco y Cajamarca.
- Vinculado con lo anterior, desarrollo y diseminación de invernaderos solares para las regiones andinas (UNSAAC).

#### Equipamiento más importante:

- 4 estaciones meteorológicas automatizadas, incluyendo actinógrafos
- Equipos de evaluación térmica de secadores y termas solares
- Equipo de descarga plasmática para producir películas de silicio amorfo.
- Equipos diversos (del laboratorio de física) para caracterizar las películas eléctrica, óptica y estructuralmente.
- Espectroscopio Opto-acústico

## **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (PUCP)**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

#### **Laboratorio de Materiales (Ing. Mecánica)**

Equipamiento más importante: Microscopio de Barrido con Microanálisis.

#### **Laboratorio de Corrosión (Ing. Química)**

Equipamiento más importante: Equipo de absorción atómica por plasma, Microscopio Optico y Potenciostato con Impedancia AC.

## **UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNMSM)**

### **FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS**

Equipamiento más importante:

Espectrómetro Mossbauer

### **FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA METALURGICA Y MINERA**

Equipamiento más importante:

Microscopio Electrónico de Barrido con Microanalizador

## **UNIVERSIDAD DE PIURA**

### **FACULTAD DE INGENIERIA**

Laboratorio de Metalotecnica y Corrosión

- Tratamientos Térmicos
- Fundición
- Corrosión
- Materiales Avanzados

Equipamiento más importante:

- Banco Metalográfico
- Microscopio Estereoscópico
- Equipo completo para preparación metalográfica
- Equipo analizador de carbono y azufre
- Máquina probadora universal
- Durómetro y Microdurómetro

- Péndulo de Charpy
- 2 hornos eléctricos (1000 y 1200 C)
- Equipo de Ultrasonido
- Potenciostato - Galvanostato
- Corrosímetro y Corrómetro
- Medidores digitales de espesores de recubrimientos metálicos y orgánicos
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica

## **UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**

### **FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**

#### **Laboratorio de Física de Metales**

- Efecto del agua de mar sobre la fatiga de corrosión de superficies de acero tratadas con B-Mn
- Caracterización de especímenes metalúrgicos arqueológicos de la zona norte peruana
- Propiedades de la fatiga de superficies de acero tratado
- Estudio de las características de la solidificación de algunas aleaciones basadas en cobre

#### **Equipamiento más importante:**

- Microsonda
- Máquina de Prueba de Tensiones
- Microscópios Metalográficos
- Equipo de preparación de muestras metalográficas
- Máquina de pulido
- Máquina de Fatigas
- Potenciostato
- SEM

En el 2006 la Universidad Nacional de Trujillo aprobó crear un Instituto de Ciencia de Materiales, se requiere más información.

En el presente análisis, no se incluyen ni la ciencia médica ni la biología en el área científica y tampoco se incluyen en el área tecnológica las Ingenierías: de Sistemas, Agrícola, Agro-Industrial, Forestal, de Industrias Alimentarias, Industrial, Administrativa, y Económica.

En términos generales debe decirse que la sociedad peruana, seguramente por sus características culturales, a través de su evolución histórica ha prestado poca importancia a la investigación científica, no existiendo en consecuencia tradición en este campo. Muchas publicaciones en revistas internacionales se da en muy pocas universidades (2 ó 3) y hecho en el extranjero. En todo caso en las últimas tres décadas el número de publicaciones en revistas internacionales no pasa de la centena, y el impacto es prácticamente nulo.

Los principales factores que afectan a la universidad peruana, son los mismos que, en general, afectan a la universidad latino-americana.

(1) La desvalorización del significado socioeconómico y prestigio de la universidad. La carencia de trabajo para sus egresados, la ausencia de legitimidad en que la sociedad desarrolla sus actividades, la frustración de no poder ganarse la vida de una manera formal.

(2) La falta de solvencia económica. La universidad ha sido abandonado económicamente.

(3) La fragmentación de la comunidad universitaria. Sus miembros están ocupados en sobrevivencia económica, las tareas universitarias son abandonadas.

(4) La ausencia de un proyecto universitario.

Esta tendencia debe de detenerse, y eso sólo puede lograrse estableciendo programas ambiciosos de mucho impacto ejecutados con un profesionalismo del más alto nivel, utilizando, donde posible, los recursos del extranjero. Muchos colegas peruanos han sido capacitados en estas áreas y actualmente están viviendo en el extranjero. Ellos no pueden regresar al Perú por la ausencia de interés y actividades en su área. In este marco proponemos la creación del Centro de Investigación y Tecnología en Materiales (CITM). Los beneficios serán los siguientes:

(a) Pondría a disposición de los investigadores de este sector, equipos de laboratorio avanzados, únicos en el país, evitando así los inconvenientes de enviar sus muestras a laboratorios extranjeros.

(b) Serviría de motivación, para que al menos algunos investigadores nacionales de diversas áreas científicas y tecnológicas, no abandonen el país por falta de infraestructura en investigación.

(c) Serviría de atracción, para que algunos de los investigadores peruanos que se encuentran en el extranjero, se interesen en retornar al país.

(d) Permitiría desarrollar un "saber-hacer" en áreas vitales para el desarrollo del Perú. Contribuyendo de esta manera a levantar el nivel de la educación universitaria.

(e) Impulsaría la investigación en la Ciencia de los Materiales, y su transferencia a centros de producción en el país.

## **5 Situación del Instituto Peruano de Energía Nuclear – IPEN:**

El actual Presidente del IPEN es el Ing. Carlos Barreda Tamayo, con quien sostuvo una entrevista el Presidente de la Academia Nacional de Ciencias el lunes 19 de Julio del 2010 para exponerle este proyecto; su respuesta fue de apoyo entusiasta, manifestando que está dentro de sus atribuciones el aprobar un convenio dirigido a hacer posible la conformación del nuevo Centro.

El Ing. Barreda nos proporcionó su Plan Estratégico 2010 que se adjunta.

El IPEN es una institución con fines de aplicación pacífica de la energía nuclear. Estas aplicaciones están en los diferentes campos del quehacer nacional: minería, salud, medio ambiente e industria.

El IPEN cuenta con un Departamento de Química DQ que brinda servicios de análisis con fines de caracterización elemental. Las técnicas empleadas para ello son: fluorescencia de rayos X y análisis por activación neutrónica. El DQ viene implementando la acreditación de ambas técnicas según la norma ISO 172025. Además, el Departamento de Física DF, ofrece el servicio de radiografía con neutrones, y viene implementando la técnica de análisis elemental por gammas inmediatos producidos por captura neutrónica.

Las aplicaciones de estas técnicas se dan en los siguientes campos:

1. Arqueología.
2. Minería.
3. Medio Ambiente.
4. Biología.

Líneas de investigación:

- Arqueología: estudio de muestras cerámicas del horizonte medio en el Cuzco.
- Medio Ambiente: determinación de elementos contaminantes en agua naturales de mar, y alimentos.
- Dosimetría de neutrones: implementación de TLDs para la determinación de dosis.
- Implantación de la técnica de análisis por inyección de flujo (FIA).

Equipamiento más importante:

- Equipo de Fluorescencia por reflexión total.
- Sistema neumático de irradiación de muestras.
- Cadena de espectrometría gamma automatizada.
- Facilidad de radiografía con neutrones.
- Laboratorio de preparación de muestras: homogeneizador, balanzas, desecadores, etc.

## **TÉCNICAS Y EQUIPOS**

Considerando que las actividades más importantes en el país relacionadas a la ciencia y tecnología de los materiales, están en las áreas de mineralogía, metalurgia y arqueología, para la etapa inicial del Centro se han seleccionado las siguientes técnicas:

### **(a) Difracción de Rayos-X (X-Ray Diffraction XRD)**

Técnica usada para identificar la composición y las fases químicas presentes en un material por medición de sus componentes cristalinos. Los parámetros de la red cristalina y las intensidades de difracción permiten identificar las estructuras a partir de las informaciones tabuladas en una base de datos. Para este fin se utiliza la difracción de polvos, que permite la identificación de minerales, cerámicas, o aleaciones metálicas.

También puede ser empleado para el análisis de películas delgadas, textura y tensiones residuales de materiales.

### **(b) Fluorescencia de Rayos -X (XRF)**

Cuando los rayos-x continuos inciden sobre una muestra provoca fluorescencia de rayos-x con longitudes de onda características de los elementos que están presentes en la muestra. Con este procedimiento se puede determinar de una manera precisa la composición de la muestra a partir de la medición de la intensidad de los picos del espectro.

### **(c) Difracción de Neutrones ( ND)**

Es una técnica complementaria a la difracción de rayos X, que se emplea para determinar elementos ligeros como el hidrógeno y el oxígeno, en diversas muestras, tales como proteínas, aceros, etc.. Así mismo, gracias al poder de penetración de los neutrones, esta técnica permite determinar tensiones residuales y texturas a través de toda la muestra, a diferencia de los rayos X que solamente da esta información a nivel superficial.

### **(d) Microscopio Electrónico (Ambiental) de Barrido (Environmental Scanning Electron Microscopy: ESEM)**

Permite la observación de la morfología de la superficie por la irradiación del espécimen utilizando haces electrónicos de baja o alta energía (de 0,5 KeV a 30 KeV). Con este microscopio se puede trabajar a bajas presiones (alrededor de los 20 Torr) y además permite realizar estudios dinámicos ya que es posible controlar la temperatura (hasta 1000 °C) y la presión de la muestra mientras se va obteniendo imágenes en tiempo real. Se pueden lograr resoluciones de aproximadamente 2.5 nm utilizando técnicas de imágenes de los electrones secundarios. Mediante el análisis de la dispersión energética de los rayos X emitidos, se puede determinar la composición química en pequeñas áreas (menos de 1 micrómetro).



**(e) Microanálisis Electrónico (Electron Probe Microanalysis: EPMA)**

Es un Microscopio Electrónico de Barrido con una fuente de electrones de alta intensidad dedicada al micro análisis químico; utiliza varios espectrómetros de rayos x de longitud de onda dispersivos conectados en paralelo para acceder a varios rangos del espectro. Esta técnica es muy sensible para elementos de bajos números atómicos y provee alta exactitud y sensibilidad en la determinación de la composición química.

**(f) Microscopio Electrónico de Transmisión (Transmission Electron Microscopy TEM)**

Permite la observación de la estructura de los materiales hasta escalas atómicas; utiliza un haz de electrones con energías típicas de alrededor de 200keV, los cuales atraviesan la muestra (espesores delgados). En el modo de difracción es posible determinar la estructura cristalina de zonas del material con diámetros típicos de unos cuantos nanómetros. El modo de operación de difracción por contraste permite la observación de defectos extensos tales como las dislocaciones y los límites de grano. El modo contraste de fase permite la visualización directa del ordenamiento atómico. Hoy en día es común tener resoluciones menores a los 0.20 nm. Combinado con un espectrómetro de dispersión de energía de rayos-x (Energy dispersive x-ray spectrometer EDS), puede determinarse la composición química de pequeñas regiones (de hasta 20 nm de diámetro).

**(g) Espectrómetro de Emisión Atómica Inducido por Plasma (ICP-AES)**

Permite un análisis cuantitativo multielemental en diversos tipos de muestras. Los límites de detección son del orden de partes por billón (ppb) sin influencia de la matriz, lo que permite la determinación de elementos ultratrazas.

**(h) Espectrómetro Mossbauer (MS)**

Permite determinar el grado de corrosión en diferentes muestras, tales como, suelos, cerámicos y metales ferrosos. Es una técnica de bajo costo pero extremadamente útil para casos específicos en donde el hierro es un componente importante del material.

**(i) Laboratorio de preparación de muestras**

Las técnicas mencionadas anteriormente requiere de la disposición de técnicas de preparación de muestras tales como el pulido metalográfico, ataque y pulido químico, pulido por bombardeo iónico, etc. Adicionalmente, el depósito por pulverización catódica y por evaporación al vacío son esenciales para la preparación de las muestras a utilizarse en las técnicas mencionadas.

La siguiente tabla muestra el uso de las técnicas analíticas en tres áreas de actividades (arqueología, metalurgia y mineralogía) con aplicaciones potencialmente importantes en el Perú

INSTRUMENTS APPLICATIONS	ARCH	BIOLOG	METAL	MINER
XRD	X	X	X	X
ND	X	X	X	X
ESEM	X	X	X	X
EPMA con EDS	X	X	X	X
TEM con EDS	X	X	X	X
ICP-AES	X	X	X	X
EM	X	X	X	X
PREPARACIÓN DE MUESTRAS	X	X	X	X

**Tabla 1 : El Anexo D muestra modelos y precios de equipos típicos. Más información se obtiene de los folletos provistos por los fabricantes de equipos.**

### **APLICACIÓN A LA ARQUEOLOGÍA**

Debido al rico legado histórico de nuestro país, es frecuente la aparición de nuevos descubrimientos. Un ejemplo es Sican, donde Dr. I. Shimada (University of Illinois) hace algunos años llevó a cabo algunas excavaciones muy interesantes. Un análisis y entendimiento de la composición de los materiales encontrados allí, nos permitiría obtener una imagen de la cultura, su estilo de vida y los métodos que utilizaron para producir los diferentes artefactos que forman parte de sus ambientes de entierro. En colaboración con ingenieros metalúrgicos, químicos, geólogos, etc. científicos de nuestro Centro estarían en condiciones de determinar la composición y los fases de los materiales encontrados en los artefactos, y vincularlos a los recursos naturales disponibles a esa cultura. Por lo tanto, se obtendría un entendimiento detallado de sus métodos y habilidades. Sin un Centro de estas características, los artefactos tendrían que ser enviados al extranjero, y el conocimiento y los honores de su descubrimiento, continuarán en manos de colegas extranjeros.

La existencia de un Centro de las características que proponemos, permitiría, por ejemplo, que el Dr. I. Shimada hiciera el trabajo en el Perú, y los resultados habrían sido obtenidos con más rapidez. Asimismo permitiría que otros científicos y ingenieros del Perú y del extranjero, visiten y desarrollen investigaciones con nosotros, usando los instrumentos y las técnicas disponibles en el Centro. El efecto sería el de establecer una colaboración más profunda, con la capacitación y participación de científicos y técnicos peruanos y con el reconocimiento respectivo de las habilidades y conocimientos técnicos de nuestro país.

Los estudios de materiales asociados con la arqueología pueden ser agrupados de la siguiente manera:

1. Corrosión y metales
2. análisis metalográfico
3. cerámicos
4. materiales orgánicos e inorgánicos

Un programa adecuado para la caracterización de materiales arqueológicos en nuestro Centro involucrará actividades y habilidades específicas en:

1. arcillas y silicatos
2. óxidos y sulfatos
3. otros sistemas específicamente mineralógicos y metalúrgicos.

Muchos estudiosos peruanos con interés en arqueología, cerámica y arqueometalurgia podrían recibir una capacitación más profunda para aumentar sus recursos en investigación. Algunas de las personas que han manifestado interés son:

1. Dr. Peter Kaulicke (Pontificia Universidad Católica).
2. Prof. Paloma Carcedo Muro (Pontificia Universidad Católica).
3. Dr. Gabriela Schworbel (Museo Nacional de Antropología, Arqueología e Historia).
4. Dr. Walter Alba (Museo Brunning, Lambayeque, Perú), estudios sistemáticos de restos de Sipán en el nuevo museo por construir en Lambayeque.
5. Dr. Gerard Poupeau (Institut Dolomieu, Grenoble, Francia), rastreo de artefactos en la región Andina.
6. Dr. Ursula Wargner (Universidad Tecnológica de Munich), estudios de técnicas cerámicas en el norte del Perú.
7. Dr. I. Shimada (University of Illinois, Champaign-Urbana, EE.UU.)
8. Mg. Luisa Vetter Parodi (Pontificia Universidad Católica).

Estableceremos vínculos estrechos con instituciones que desarrollan labores complementarias, tales como:

1. Laboratorio de Física de Metales, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
2. Escuela de Postgrado en Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima,
3. Instituto de Investigación Minera y Metalúrgica, Lima, Perú.
4. Institute for Archeological – Metallurgical Studies, Londres.
5. Center for Materials Research in Archeology and Etnology (M.I.T.).
6. Anthropology Department, Yale University.
7. Institut Dolomieu, Grenoble, Francia

Es importante destacar que no es la intención crear un laboratorio de estructura cerrada, los trabajos serán planificados y desarrollados con científicos de otras instituciones. La contribución de este Centro estará en su capacidad de efectuar análisis de la estructura y composición de los materiales al más alto nivel usando equipos convencionales de última generación. El eventual uso de técnicas más sofisticadas, como el PIXE, requerirá de la colaboración con instituciones extranjeras.

### **APLICACIONES A MINERALOGÍA Y METALURGIA**

Los actividades en el campo de la minería y la metalurgia contribuyen aproximadamente en un 50% de los ingresos del país, a pesar del hecho que el Perú tan solo explota una fracción pequeña de su riqueza mineral. Las predicciones indican que estaremos en unos años bordeando los US\$ 5000 millones anuales. No obstante, no ha habido avances significativos en la infraestructura técnica-científica y las actuales facilidades científicas son mayormente insignificantes. Sin un desarrollo apropiado de los laboratorios de análisis y de especialistas, tendremos que depender de las facilidades de los otros países de la región para satisfacer las necesidades relacionadas con el análisis y el conocimiento de la tecnología de los minerales. El conocimiento de los minerales a escala atómica y molecular permite identificar y cuantificar con precisión los diferentes elementos que contiene un mineral dado que muchas veces no es posible conocer mediante procedimientos convencionales “macros”; este conocimiento es de vital importancia porque podríamos estar exportando minerales con contenidos de elementos escasos y de alto costo, tales como los elementos radiactivos y algunas tierras raras, que generalmente están presentes en cantidades muy pequeñas.

Por otro lado permitiría obtener información completa sobre las características mineralógicas de las zonas de exploración. Si estos análisis son realizados por laboratorios extranjeros la información de primera mano no la tendríamos con el consecuente perjuicio económico. Depender de la tecnología extranjera aumenta nuestra dependencia y ponemos en alto riesgo nuestros ingresos de valor agregado.

El Centro que se propone tendrá la responsabilidad de establecer la infraestructura tecnológica básica para el análisis de los materiales y el estudio de sus propiedades. Para la etapa inicial se plantea el uso de técnicas analíticas convencionales. Dependiendo de las necesidades que surjan el Centro podría poseer un laboratorio más completo.

Las actividades industriales de interés para nuestro Centro comprende el estudio de los materiales relacionados a:

1. Exploración, extracción y deshecho de minerales.
2. Fabricación de metales, aleaciones y materiales compuestos.
3. Fabricación de aceros.

Un programa apropiado para la caracterización de minerales y metales en nuestro Centro involucrará las siguientes actividades:

1. Caracterización de rocas y minerales, con énfasis en la identificación de materiales estratégicos.
2. Caracterización de desechos minerales y metalúrgicos, para el desarrollo del reciclaje, y de este modo la reducción de la contaminación del medio ambiente.
3. El estudio de los mecanismos de oxidación, reducción, adsorción e intercambio de iones en varios procesos metalúrgicos y de corrosión.
4. El estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de aleaciones y materiales sinterizados.
5. Análisis de fallas y fracturas en las estructuras metálicas.
6. Estudio de solidificación y segregación en los procesos metalúrgicos.

Hay muchos colegas peruanos interesados y con conocimiento en mineralogía y metalurgia que podrían ser capacitados para aumentar sus habilidades en investigación y análisis de los materiales. Las personas que han demostrado su interés son:

1. Dr. Samuel Canchaya (INGEMMET), minerales.
2. Dr. Jorge Saez (Universidad de Heidelberg, Alemania), geología.
3. Dra. Lidia Neri (Technische Universität "Otto Von Guericke", Alemania), metalurgia.

Instituciones con habilidades y recursos adicionales con que nos interesaría establecer una colaboración estrecha:

1. SIMA (Servicio industrial de la marina)
2. SEMAN (Servicio de mantenimiento de la Fuerza Área)
3. PETROPERU (Petroleos del Perú)
4. SIDER PERU (Siderúrgica Peruana)

### **APLICACIONES EN BIOLOGIA**

El Perú cuenta con una biodiversidad muy grande, la cual no es aprovechada por la industria farmacológica debido a que en el Perú no se cuentan con instrumentos adecuados para el estudio de la estructura molecular de estas muestras.

En el Perú hay diversas instituciones que se dedican al empleo de diversas plantas medicinales como medicina alternativa y de fácil acceso a la población de bajo recursos económicos. Además, ha quedado demostrado su uso potencial en diversas enfermedades tales como el cáncer y el VIH. Sin embargo, no hay estudios serios que permitan confirmar y mejorar la aplicación de estas plantas.

Las actividades industriales ligadas a las actividades del Centro serán:

1. Desarrollo de nuevas medicinas de bajo costo.
2. Investigación y explotación de las plantas medicinales de la selva y sierra del Perú.

El Centro servirá para apoyar lo siguiente en el campo de la biología:

1. Estudio estructural de biomoléculas.
2. Análisis de composición y estructura de plantas medicinales de la selva y sierra del Perú.
3. Estudio de la dinámica molecular de proteínas.

Existen muchos científicos y profesionales que estarían dispuestos a desarrollar estas aplicaciones y que actualmente laboran en diferentes universidades tales como la Universidad Nacional Agraria, La Universidad Católica del Perú, la Universidad Peruana Cayetano Heredia y la Universidad nacional Mayor de San Marcos.

### **APLICACIONES EN NUEVOS MATERIALES**

Finalmente el centro promoverá investigaciones sobre el desarrollo de nuevas estructuras para aplicaciones de mediano y largo plazo, apoyando a investigadores en el campo de la Ciencia de los Materiales a fin de que el país cuente con un grupo de científicos que estén permanentemente dedicados a tareas de frontera en este campo.

Son notables los extraordinarios avances logrados hoy en día por la Ciencia y Tecnología en particular en los campos de nano-estructuras, catalizadores y los biomateriales. Es de importancia estratégica que el Perú no esté alejado de estos trabajos

Afortunadamente existen investigadores en la Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos que actualmente desarrollan estas actividades y estarían dispuestos a participar en proyectos de estas características.

Profesores que están actualmente trabajando en esta línea y que participarían en el Centro son:

Dr. Walter Estrada (UNI), Dr. Abel Gutarra (UNI), Dr. Victor Pena (UNMS), Dr. Angel Bustamante (UNMS), Dr. Eusebio Torres (UNMSM), Dr. Juan Rodriguez (UNI), Dr. José Solís (UNI), Dr. Arturo Talledo (UNI). En la PUCP Mg. Ana Pastor y otros jóvenes químicos.

## **CAPACITACIÓN**

En la situación actual del país, inicialmente gran parte de la capacitación tendrá que efectuarse en laboratorios extranjeros. Pero, una vez establecido un grupo básico de profesionales que haya adquirido un cierto nivel de experiencia, el Centro se encargará de la capacitación de los usuarios y demás profesionales. Esperamos repatriar varios colegas con experiencia en el campo, quienes actualmente residen en el extranjero. El Anexo E propone los nombres del personal del Centro así como de científicos con que estableceremos una comunicación una vez que sea aprobado el presente Proyecto. También estudiaremos la posibilidad de visitas prolongadas de científicos de otros países utilizando programas internacionales de colaboración.

## **OPERACIÓN**

Se establecerá un **Comité Interinstitucional** con un representante de la Academia Nacional de Ciencias (ANC) que lo presidirá, y otros del IPEN, de la UNI, de la UNMSM y de la PUCP; y un **Comité Internacional** conformado por los miembros del comité interinstitucional más tres expertos extranjeros, para la supervisión y evaluación del desempeño del Centro y del staff. Se tiene la intención de poner nuevos estándares para la conducción de las actividades profesionales para este tipo de institución. Se entiende que las metas propuestas no serán fáciles de lograr, dada la falta de experiencia y de una infraestructura similar en el país. Se planea lograr las metas focalizando las actividades a ciertos objetivos específicos y trabajar intensamente para lograr el vínculo entre las actividades del laboratorio y las necesidades del país. Se tendrá un conjunto de reglas:

(a) El “Staff”, que comprende al Director y a un grupo de tres Expertos Investigadores, deben dedicarse totalmente hacia el éxito del Centro (dedicación a tiempo completo). Sus miembros serán elegidos a propuesta del Comité Directivo Interinstitucional en coordinación con el Comité Internacional.

(b) El Staff servirá a las necesidades del Centro, y no al contrario.

(c) La supervisión y evaluación internacional serán establecidos para los primeros 10 años del Centro, luego del cual seguirá operando el comité directivo interinstitucional.

(d) La contratación para el staff será por períodos renovables de 2 años.

(e) Se hará un esfuerzo para obtener las condiciones de trabajo y las remuneraciones de acuerdo a niveles internacionales.

Los miembros del staff tendrán la responsabilidad de desempeñar un papel dual con respecto a las tareas de investigación y de servicios. Como investigador es su tarea mantener un alto nivel de calificación académica reflejado a través de su capacidad para seleccionar y evaluar el desarrollo de los temas de investigación, que apunten a cubrir las necesidades técnicas y científicas del país.

Con respecto a los servicios, los miembros del staff tendrán que interactuar con los usuarios y brindarles los servicios tecnológicos que satisfagan sus necesidades.

El Centro contará con cinco miembros Expertos Profesionales quienes previa capacitación se encargarán de operar, mantener, diseñar las técnicas y experimentos específicos.

El Centro contará con cinco miembros asociados, seleccionados mediante concurso público de las diferentes instituciones educativas, científicas y tecnológicas del país para que ejecuten los trabajos de investigación con estudiantes de posgrado. La selección se hará por méritos y según las áreas de aplicación. Cada investigador asociado será evaluado a los dos años de su contratación la cual determinará la respectiva renovación. Los haberes de los investigadores asociados correrán a cargo de sus instituciones de origen pero el centro contribuirá con un monto adicional.

Dos de personal técnico: eléctrico-mecánico y químico.

Tres administrativos: secretaria, limpieza y conserjería

## **FACILIDADES**

El Centro podría operar dentro de las instalaciones del IPEN en su sede del distrito de San Borja, Lima.

## **PRESUPUESTO**

El presupuesto inicial se estima como sigue:

Equipos:	US\$3,266M
Edificio (acondicionamiento):	US\$0,500M
TOTAL:	US\$3,766M



El edificio tiene abastecimiento de agua, electricidad, aire acondicionado, muebles, sistema de campanas extractoras, etc.

El presupuesto anual de operación se estima

Sueldos:	US\$ 498K
Abastecimiento:	US\$ 35K
Mantenimiento:	US\$ 300K
Viajes:	US\$ 42K
Computadoras y Biblioteca	US\$ 20K
Programa de Visitas	US\$ 70K

TOTAL: US\$ 965K

### **FINANCIACIÓN**

Tenemos la intención de recibir fondos de las siguientes instituciones:

- (a) Gobierno Peruano: Edificio (IPEN), costos de operación, sueldos.
- (b) JICA: Equipos y mantenimiento.
- (c) BID/Banco Mundial: Abastecimientos, viajes, capacitación.
- (d) Y, después de un tiempo, ingresos de servicios.

### **USUARIOS**

Universidad Nacional de Trujillo, LA LIBERTAD

Universidad Nacional San Agustín, AREQUIPA

Universidad Nacional San Antonio Abad, CUSCO

Pontificia Universidad Católica de Perú, LIMA

Universidad Peruana Cayetano Heredia, LIMA

Universidad de Piura, PIURA

Instituto de Investigación Minera y Metalúrgica, LIMA

Instituto Geofísico del Perú, LIMA

SIMA (La Marina)

SEMAN (Las Fuerzas Armadas)

Oficina de Investigación del Ejército

Varios museos Peruanos y Andinos

Compañías Peruanas de Minera y Metalurgia

Misiones arqueológicas extranjeras operando en el Perú

## **CONCLUSIÓN**

Un centro como el propuesto en el presente documento es de alta importancia para el desarrollo del país. Sin una institución como esta, las actividades en el país estarán limitadas sólo a actividades extractivas sencillas, sin una capacidad seria de análisis de los materiales. El gobierno y todas las instituciones del país deberían apoyar esta iniciativa. El valor intrínseco de la propuesta será con certeza reconocido por los gobiernos e instituciones extranjeras, y habrá fondos internacionales disponibles para esta tarea. La intención de los proponentes de este Centro es lograr los estándares técnicos internacionales y contribuir significativamente hacia los más altos intereses de la nación.

## ANEXOS

### ANEXO - CIENCIA DE MATERIALES EN LA ARQUEOLOGÍA

#### 1 La importancia de la Arqueología en el Perú

##### 1.1. Aspectos Históricos

Sin lugar a dudas la riqueza histórica del Perú pre y post colombino ha despertado siempre gran interés de académicos y turistas. En el Perú han dejado registrada su presencia diversos grupos humanos y culturas desde épocas tan remotas como la del período lítico (10 000 años aC) y con diversos niveles tecnológicos que en la mayoría de los casos son aún mal conocidos. Citemos los casos más importantes:

Período aC: Chavín (Costa Central y Sierra Norte), Nasca-Paracas (Costa Sur), Tiahuanaco I y II (Costa Sur)

Período dC pre-colombino: Moche I-V (Costa Norte), Huari (Costa y Sierra), Chimú (Costa Norte), Tiahuanaco III y IV (Costa Sur), Inca (todo el país).

##### 1.2 Situación General del Área

Uno de los aspectos fundamentales que afecta positivamente la situación actual de la arqueología en el Perú es la pacificación por la derrota del terrorismo. Gracias a ella hay un gran auge y regreso de proyectos extranjeros en el área. Esto se debe en gran parte a que para investigar hacen falta subvenciones y éstas son muy escasas. Es difícil conseguir los recursos necesarios para que la investigación sea 100% peruana. Obviamente la crisis económica de las últimas décadas también ha afectado esta área, de manera de que han sido y aún siguen siendo los proyectos extranjeros prácticamente los únicos que proporcionan recursos económicos, trabajo y material de investigación a los alumnos, profesores e investigadores de arqueología. En parte también son una vía para acceder a publicar y realizar estudios en el extranjero. Pero también esto tiene su contra parte en el sentido de que a veces éstos proyectos traen su propio grupo humano de trabajo, dejando pocas posibilidades a profesores y alumnos del país.

Otro factor importante ha sido la gran difusión que tanto a nivel nacional como internacional se está dando al descubrimiento del llamado "Señor de Sipán" y las tumbas que posteriormente se han encontrado excavadas por el Dr. Walter Alva y el último descubrimiento del Dr. I. Shimada, la "Tumba de Sicán", ambos proyectos efectuados en la costa norte del Perú. Estos de alguna manera han incentivado proyectos de investigación en ésta área. Estos resultados han llevado a que grandes instituciones tanto nacionales como internacionales tomen interés en financiar proyectos arqueológicos y publicaciones. Así tenemos al Banco Wiese financiando los trabajos del "Brujo de Trujillo", Cervecería del Norte y Volkswagen en Sipán, Television Broadcasting Service (T.B.S.) cadena japonesa que financió las excavaciones de Sicán en Chiclayo, el Banco de Crédito que publica todos los años algún descubrimiento arqueológico.

La situación actual del país, por otra parte, permite ya pensar en proyectos multidisciplinarios y multi-institucionales a mediano y largo plazo. Esto ha sido el caso de proyectos tan importantes y a tan largo plazo como los de Sipán y Sicán. En éste último gracias a varios años de gestiones por parte del Dr. I. Shimada se logró nombrar al Parque de Poma (lugar donde se encuentran las pirámides de la cultura Sicán) "Reserva y Parque Nacional" siendo así un lugar intangible con vigilancia constante para evitar el saqueo de las tumbas y las invasiones de los pobladores.

Hoy en día los proyectos de arqueología son impensables sin una cooperación multidisciplinaria y multi-institucional. Cada vez son más complejos los análisis y los factores ó aspectos culturales a analizar. En lo referente a la parte analítica habría que señalar que actualmente en el Perú es muy difícil encontrar el instrumental requerido para efectuar los diferentes tipos de análisis. Si damos un repaso a la bibliografía arqueometalúrgica veremos que el 80% de los trabajos analíticos han sido efectuados fuera del país. Esto ha traído consecuencias muy graves para los jóvenes arqueólogos que ven disminuida su capacidad de investigación frente a sus homólogos extranjeros. Esto, sin embargo, no ha mermado el interés actual que existe entre los arqueólogos peruanos por la realización de estudios integrales y especializados, es decir, que si se piensa en tomar una cultura concreta no sólo se estudiaría un aspecto de ella (por ejem. arquitectura) sino todo lo que envuelve la cultura (religión, cerámica, textiles, metales, huesos, etc.). Esto, como es lógico, lleva a una mayor especialización en cada tema. Así dentro de un mismo proyecto arqueológico son necesarios para realizarlo metalurgistas, historiadores, paleontólogos, geólogos, físicos, químicos, ceramistas, etc. Por este motivo los proyectos cada vez se vuelven más costosos y se proyectan a largo plazo; Caral es una demostración al respecto.

Este interés común (en este caso de la arqueología) por especialistas de muy diversos campos, ha originado también que los investigadores de diferentes especialidades y campos se conozcan y se produzca así un cruce de información interesante para todos. Por este motivo vemos ahora el auge que tienen las mesas redondas, conferencias, congresos, etc. donde se reúnen investigadores de un mismo tema. En mesas redondas sobre metalurgia Precolombina que han ocurrido recientemente se han reunido ingenieros de minas, metalurgistas, geólogos, químicos, historiadores del arte, arqueólogos, orfebres, restauradores y museólogos.

### 1.3 La Arqueología como impulsora del Turismo

Aunque el turismo siempre fue en el Perú una fuente importante de divisas, en el presente, superados los problemas de terrorismo y de estabilización económica, debe re-impulsársele bajo una óptica más moderna, que incorpore a los elementos tradicionales (publicidad, transporte, red hotelera,...etc) información sobre los aspectos tecnológicos que caracterizaron a las civilizaciones antiguas del Perú. El turista, entre otras cosas, viene al país porque ha visto, leído o escuchado de las maravillas arqueológicas que tiene. Las exposiciones tan impresionantes que se han efectuado en varias ciudades importantes de Estados Unidos sobre Sipán por un período de casi dos años y las que actualmente se están haciendo en Japón sobre Sicán, están motivando a que muchas personas se interesen por venir y ver "in situ" esas maravillas.

Pero el turista moderno no solo está interesado en ver la alfarería, los utensilios, los tejidos, las armas y los restos de las ciudades, sino también está interesado en una visión integral de la cultura de esos pueblos, incluyendo los niveles tecnológicos que alcanzaron. Resulta así importante que la Arqueología en el Perú dé mayor importancia a los aspectos científico-tecnológicos que acompañaron a las civilizaciones antiguas (construcciones, metalurgia, textilería, alfarería, medicina, etc). Con seguridad, como ya lo señalan los resultados preliminares del Dr. Shimada, estos aspectos tecnológicos asombrarán aún más al mundo y en consecuencia aumentará el flujo turístico hacia el Perú.

## **2 Arqueología y Ciencias de Materiales**

En el contexto necesariamente multidisciplinario en que se desarrolla la Arqueología su conexión con la Ciencia de los Materiales resulta bastante natural y obvia. Señalaremos aquí dos áreas que grafican lo afirmado:

### **2.1 Cerámicas Arqueológicas**

Estos materiales son productos de arcilla y silicatos como alfarería, ladrillos, tejas, vidrios, esmaltes, pigmentos, yesos y cementos. El conocimiento de sus propiedades físicas y químicas proporcionará información sobre los conocimientos científicos y las técnicas de fabricación que poseían los fabricantes y dará también información sobre la antigüedad del objeto o material.

Las principales áreas de estudio son las siguientes: composición química y mineralógica, análisis del color, temperatura de quemado, fracturas térmicas y de impacto, micro y macro - porosidad, expansión por humedad, análisis de las relaciones de fase y su evolución, dureza, velocidades de calentamiento en hornos bajo diversas condiciones, entre otras.

Entre las técnicas experimentales de estudio más usadas, tenemos:

- Para macroestructura: Examen visual, microscopía óptica, radiografía, xero-radiografía y CATSCAN.
- Para microestructura: Microscopía óptica (reflexión, transmisión), microscopía electrónica (ESEM y TEM), análisis por microhaces electrónicos.
- Para estructura cristalina: Difracción (rayos X, neutrónica, electrónica)
- Para estructura elemental: Espectroscopía (rayos X, fluorescencia de rayos X, infrarrojo, óptica, atómica, neutrónica, gamma).
- Para datación: Termoluminiscencia y resonancia de spin electrónico.

### **2.2 Arqueometalurgia**

Uno de los graves problemas que afronta la investigación arqueológica de objetos metálicos y minerales es la falta de estudios sobre el asunto y en especial la falta de preparación para ello. La causa ha sido el hecho de que en el Perú tradicionalmente se ha estudiado las piezas en la arqueología desde el punto de vista morfológico

(formas, dimensiones, peso, etc.) por esa "necesidad" de hacer tipologías por la forma y uso de las piezas.

Poca atención se puso al proceso tecnológico que llevó a la fabricación de la misma, sus componentes, aleaciones, tratamientos químicos de las superficies, etc. es decir, a "descubrir" el grado tecnológico al que llegó esa sociedad o cultura.

Si bien es cierto que hace unos años han aparecido en el Perú estudios sobre tecnología alfarera ó textil son muy escasos los que existen sobre la tecnología metalúrgica aunque en otros países (USA, Inglaterra) ya existe desde hace más de una década cátedras de arqueometalúrgia. La razón es que este tipo de estudios conllevan una serie de planteamientos analíticos más profundos ó "complicados" que no son usuales en otras áreas como cerámica y textil.

Solo a partir de un conocimiento muy claro de los diferentes procesos y pasos que conlleva el desarrollo metalúrgico, es posible el que se pueda plantear el hacer estudios y análisis de los objetos. En el primer paso hay que tener claros los conceptos de la formación del mineral y cómo se encuentra en la naturaleza (nativo, minas, carbonatos, óxidos, sulfuros, etc.), cual fue su proceso extractivo en épocas pre-colombinas y cuáles son sus componentes. El segundo paso es la utilización de esos recursos minerales en los talleres de fundición, es decir, su transformación de mineral a metal ó etapa propiamente metalúrgica. Este proceso ha sido totalmente estudiado por el Dr. Izumi Shimada y su equipo, excavando el único centro de fundición metalúrgico a gran escala conocido en todo el continente americano y que se encuentra en el Cerro de los Cementerios, Batán Grande, Costa Norte del Perú. Allí se han encontrado los hornos de fundición (con una tradición de 600 años que van desde 900 D.C. a 1400 D.C.) con sus escorias, toberas, fundentes, minerales de cobre, hornos de calentamiento, batanes, crisoles, etc. de tal manera que se ha podido reconstruir perfectamente el proceso de fundición de la aleación de cobre durante la época pre-colombina en esta zona del Perú, midiéndose, simulando las condiciones de la época, temperaturas de horneado entre 650 - 800°C. Pero no sólo se encontró el centro de fundición sino que también se ha podido determinar las minas Precolombinas de donde el centro de fundición obtuvo la materia prima en un radio no superior a 6 Km.

La tercera etapa es la distribución de los lingotes a los talleres de fabricación de las piezas, es decir, el trabajo de los artesanos que es allí en donde plasmarán sus grandes habilidades en el trabajo del metal.

Estas tres etapas de estudio son importantes en sí mismas y se relacionan la una con la otra. Si un investigador no entiende la diferencia entre óxidos, sulfatos ó sulfuros no podrá entender la diferenciación en el proceso metalúrgico de fundiciones de óxidos o sulfuros y los grados tecnológicos que ello implica. Como tampoco podrá entender como un orfebre "juega" con las aleaciones para proporcionar una cualidad determinada al objeto acabado (dureza, que se detallen ciertos adornos, dorado ó plateado de superficies, etc.)

Es fácil deducir que en cada etapa se necesita de análisis muy concretos y específicos y de un instrumental analítico que se acople a cada uno de ellos.

Para el arqueólogo es de suma importancia el conocimiento de la composición y morfología de microestructuras en materiales metalográficos. El conocimiento de la

estructura da información sobre los métodos usados en la fabricación del objeto y puede ayudar así en la datación del mismo. Existen diferentes "instrumentos" que se utilizan para determinar composiciones elementales y morfología de estructuras.

La información que se tiene sobre una pieza (ó de varias) puede tener dos vías analíticas, ambas usadas en los análisis de metales:

i. Estudiar las características macroestructurales, es decir, características físicas, aquello que se observa a simple vista antes de un posterior pulido. De aquí obtenemos 2 tipos de información a) morfología y características externas de la pieza, es decir, forma, tipos, dimensiones, conservación, etc. y b) propiedades macroscópicas, peso y densidad. En este tipo de análisis no hace falta una "maquinaria" muy complicada, simplemente con balanzas, microscopios podemos obtener la información que deseamos.

ii. Estudiar las características microestructurales, es decir, el análisis de microestructuras. El análisis de estructuras puede dividirse en 2 amplios grupos de técnicas:

ii.1 Métodos que permiten establecer la composición (molecular, cristalográfica, elemental, isotópica)

ii.2 Métodos que permiten describir la estructura morfológica (microscopía, microsonda, análisis de imagen, etc.)

Las propiedades de los materiales metalográficos dependen en gran medida de los procesos que los originaron y sus características y comportamiento están estrechamente relacionados con su composición y morfología estructural.

Entre las técnicas experimentales y equipos más usados en arqueometalurgia tenemos:

- \* Espectroscopía de emisión de rayos X inducidos por protones (proton induced X-ray emission spectroscopy:PIXE)
- \* Microanálisis electrónico (electron probe microanalysis: EPMA)
- \* Difracción y fluorescencia de rayos X
- \* Microscopía electrónica (ESEM/EDS y TEM)
- \* Microscopía metalográfica y petrográfica
- \* Espectroscopía de absorción atómica
- \* Espectroscopía de emisión óptica
- \* Activación Neutrónica
- \* Analizador termo-diferencial (DTA, TGA y TMA)

## **ANEXO - INVESTIGACIÓN DE MATERIALES EN MINERALOGÍA Y METALURGIA**

El sector minero-metalúrgico reporta al país más del 50% del total de las exportaciones, siendo sin duda uno de los mayores generadores de divisas, y su impacto en el crecimiento nacional es gravitante. A pesar de ello, según datos registrados en el forum "Perú: programa económico y reactivación del sector minero-exportador" realizado en Lima el 14-15 de noviembre de 1994, el Perú ha explotado sólo una pequeña porción de su potencial minero.

Considerando sólo los minerales que en mayor volumen produce el país, el Perú escasamente ha explotado el 0,3% de oro, 0,4% de cobre, 1,7% de plomo, 2,5% de zinc y 3% de plata, por lo que tiene aún un potencial muy grande por desarrollar.

En el presente, la estabilidad en el marco jurídico, junto con el potencial de nuestros recursos mineros, la reinserción y la pacificación del país, hacen que en el Perú se presente un futuro bastante promisorio en este sector, y que actualmente se vislumbra por la presencia de inversionistas, por las exploraciones, por sus hallazgos, por la implementación de proyectos y por los incrementos de producción. Sin embargo, esta visión optimista del sector minero contrasta con el escaso desarrollo científico-tecnológico que presenta el país actualmente dentro de este sector.

Sin un crecimiento paralelo en este factor estratégico del desarrollo nacional, se obligará por un lado a que se recurra a las capacidades de países vecinos, particularmente el chileno, como actualmente viene sucediendo, con un obvio incremento en costos y tiempo, y por otro, se perdería una gran oportunidad para impulsar la formación de cuadros científicos y tecnológicos, inicialmente dentro de esta área, pero que finalmente redundará en otras áreas científicas.

En términos generales el sector minero-metalúrgico comprende las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales (el de mayor desarrollo en el país), fabricación y manufactura de metales, aleaciones y materiales compuestos (composites). Industrialmente hablando se cuenta con experiencia en la explotación y beneficio de minerales llegando hasta la refinación de metales (cobre, plomo, zinc, plata, oro, bismuto y cadmio), fabricación de aceros al carbono y fundiciones ferrosas (piezas fundidas).

Dentro del campo de la investigación y el desarrollo el avance es incipiente. El país carece dramáticamente de laboratorios con equipamiento moderno principalmente para el análisis microscópico y de composición de los minerales. No existe por ejemplo ningún laboratorio en el país que pueda realizar análisis por microscopía electrónica de muestras metalúrgicas. En el Perú se cuenta actualmente en total con ocho microscopios electrónicos, los cuales mayormente son utilizados para el estudio de muestras biológicas y para el peritaje policial. Para el análisis de materiales se cuenta con SEM en las universidades nacionales: Ingeniería, San Marcos y san Agustín de Arequipa.

Los pocos laboratorios que actualmente prestan servicios al sector minero-metalúrgico son largamente insuficientes para los enormes requerimientos del país, y por lo general son incompletos y no complementarios entre sí; pueden efectuar algún tipo de análisis parcial pero carecen de medios para efectuar estudios más completos.



En general, los estudios que se abordan son mas bien macroscópicos y con bastante carácter estadístico.

El análisis microscópico llega hasta la microscopía de luz, complementado con algunos datos de la difracción y fluorescencia de rayos-x, de modo que las conclusiones y diagnósticos se basan fuertemente más en la experiencia y criterios ("feeling") del experimentador que en un análisis riguroso de un conjunto de resultados experimentales.

Del anterior análisis se desprende que el país necesita realizar urgentemente acciones para dotar al país de centros modernos de investigación, con la consiguiente formación de recursos humanos, que permitan afrontar seriamente los requerimientos de este sector, usando procedimientos como el:

- análisis químico instrumental (difracción y microanálisis de rayos-x, absorción atómica y de emisión)
- análisis de estructura y morfología (microscopía de luz, microscopía electrónica de barrido (ESEM) y transmisión (TEM))
- análisis de las transformaciones de fase (difracción de rayos-x, ESEM y TEM con sus respectivos calentadores incorporados)
- análisis de defectos cristalinos (ESEM y TEM).

De este modo podríamos estar en condiciones de afrontar problemas básicos que se necesita resolver dentro de este sector, tales como:

- Caracterización de rocas y minerales del país con énfasis en identificación de materiales estratégicos
- Caracterización de los desechos minerales y metalúrgicos para el desarrollo de técnicas de reciclaje y abatir el problema de la contaminación ambiental.
- Estudios de los mecanismos de oxidación, reducción, adsorción e intercambio iónico que se producen en los distintos procesos metalúrgicos y de corrosión.
- Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de aleaciones y materiales sinterizados.
- Análisis de fallas y fracturas de estructuras metálicas.
- Estudio de estructuras de solidificación y de segregación en procesos de colada continua, estructuras orientadas, metales

## **ANEXO - EQUIPAMIENTO TÍPICO**

### Transmission Electron Microscope (TEM)

FEI Modelo Tecnai 20 y accesorios US\$600 000

### Environment Scanning Electron Microscope (ESEM)

FEI Model XL30 ESEM-FEG y accesorios US\$600 000

### Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA)

CWMECA Modelo SX100 con accesorios US\$590 000

### X-Ray Diffractometer (XRD)

Para análisis de fases químicas cristalinas , texturas

y otros accesorios US\$150 000

### Fluorescencia de Rayos-x (XRF)

Modelo Rigaku RIX200 con sus elementos básicos US\$ 320 000

### Difractómetro de Neutrones (ND)

Para muestras en polvo, tensiones residuales y texturas US\$500 000

### Espectrómetro de Emisión Atómica Inducida por Plasma (ICP-AES)

Shimadzu modelo 7500 con accesorios US\$170 000

### Espectrómetro Mossbauer (EM)

Modelo con accesorio para altas y bajas temperaturas US\$60 000

### Specimen Preparation Equipment

Gatan DuoMill 600 ion milling device, US\$100 000

with Dimple Grinder 656, Ultrasonic Disc Cutter 601,

Disc Punch 659, Disc Grinder 623, and

Specimen Preparation Kit 601-0700

Nikkon Optical Microscope (metalográfico) US\$ 50 000

Mufla Cole-Parmer hasta 1200°C US\$ 4 000

Homogeneizador US\$ 5 000

Lupa triocular con accesorios US\$ 5 000

Microscopio stereo con Zoom (para análisis macroscópicos

de muestras y alineamiento del cañón de electrones de los

Microscopios electrónicos)	US\$ 5 000
Accesorios de preparación de muestras para el	
ESEM (fijadores de muestras)	US\$10 000
Accesorios para preparación de muestras para el TEM (microcortadores, secadores, fijadores)	US\$30 000
Balanzas analíticas	US\$10 000
Cleaning Ultrasonic (para limpieza de muestras y partes de los	
Microscopios electrónicos)	US\$2000
Molino tipo cilindro	US\$5 000
Chancadora	US\$10 000
Tamizadores	US\$5 000
Micro Slicer	US\$10 000
Cadena de espectrometría gamma	US\$50 000
JEOL model JEE-400/401 Evaporator/rot tilting stage (para recubrimiento de muestras con carbón)	US\$25 000
JEOL model JFC-1500 Ion sputtering device (para recubrimiento de muestras con oro)	US\$20 000

---

TOTAL US\$3 266 000

## **ANEXO – PERSONAL**

### **(a) Expertos investigadores que radican en Perú**

- Dr. Modesto Montoya
- Dr. Walter Estrada (UNI)
- Dr. Victor Peña (UNMSM)

### **(b) Profesionales que serían capacitados:**

- José Aguilar (Lic. UNI): ESEM y TEM
- Susana Petrik (Dr. UNI): EPMA
- Yuri Ravello (Lic. IPEN): XRD y ND
- Eduardo Montoya (MSc IPEN): ICP-AES
- No definido ( ----. UNMS): ME y XRF.

### **(c) Peruanos en el extranjero que podrían participar en el programa:**

Fernando Ponce (Universidad Estatal de Arizona – EE.UU.)

Dwight Acosta (Instituto de Física, UNAM - México)

Mario Miki (Instituto de Materiales, UNAM - México)

José Alarco (The University of Queensland, Australia)

Daniel Huerta (Universitat Clausthal, Germany)

Juan Dávalos (Instituto Roca - Solano, Spain)

### **(d) Físicos que podrían participar en el programa:**

Hatsujiro Hashimoto (University of Okayama, Japón)

Alwyn Eades (University of Illinois, Champaign-Urbana, EE.UU.)

Bertram Hanssum (PhD, Technical University of Berlin, Germany)

Rolf Schroeder (PhD, University of Gottingen, Germany)

Aníbal Valera (PhD, University of Stuttgart, Germany)

Manfred Horn (PhD, University of British Columbia, Canada)

Se requerirá una Comisión Organizadora presidida por Fernando Ponce, a integrar con representantes de las instituciones participantes.

## ANEXO - ORGANIGRAMA

