



## JORGE GARÍN CORDOVA

Ingeniero Civil Metalúrgico, Universidad Técnica del Estado

Doctor (Ph.D) en Metalurgia y Ciencia de los Materiales, Universidad de Pennsylvania

Profesor Universidad Técnica Federico Santa María

Director Departamento de Metalurgia,  
Facultad de Ingeniería U.T.E.

# EL DEPARTAMENTO DE METALURGIA

Se reconoce como una verdad indiscutible que Chile es un país minero por excelencia, que ha experimentado un gran desarrollo industrial en forma vertiginosamente creciente durante las dos últimas décadas. Un adecuado aprovechamiento de sus valiosos recursos naturales, fundamentalmente los minerales, crea la necesidad absoluta de tecnologías modernas y más eficientes, así como también de profesionales preparados para llevar a cabo su correcta aplicación a los diferentes procesos industriales.

La responsabilidad de generar profesionales, futuros ejecutantes y conductores del proceso de desarrollo industrial de nuestro país, recae obviamente en la Universidad, por constituir aquella institución el centro del saber superior y del pensamiento científico, bases inobjectables de la enseñanza de toda actividad profesional.

El Departamento de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Técnica del Estado, ha tomado conciencia del importante rol que le cabe en las circunstancias actuales de tan alta trascendencia histórica, que nos ubican ante un gran desafío, el que debe ser encarado con responsabilidad, firmeza y altura de mira, si se desean ver coronadas con éxito las gestiones emprendidas. Sabido es en todos los sectores, tanto de la producción como instituciones gubernamentales y universitarias, que el único modo de cumplir con esos objetivos es desarrollar nuestra propia tecnología, esto es, ser capaces de resolver el mayor número de problemas técnicos con recursos humanos y materiales nacionales.

## LA CARRERA DE INGENIERIA METALURGICA

La formación de profesionales expertos en Metalurgia, se imparte en este Departamento a través de una carrera de Ingeniería que conduce a los títulos de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia, e Ingeniero Civil Metalúrgico, de acuerdo con el plan curricular elegido por el estudiante.

La Carrera de Ingeniería de Ejecución prepara profesionales capaces de aplicar las ciencias y el método científico al análisis y solución de los problemas tecnológicos. El profesional egresa capacitado para ejecutar las tareas de supervisión, control y diseño. A su vez, la Carrera de Ingeniería Civil produce profesionales cuya preparación se orienta fundamentalmente a la actividad creativa y de innovación tecnológica. Ello los capacita para

proyectar, dirigir y realizar labores que impliquen la búsqueda de nuevos métodos de fabricación o nuevos productos industriales de interés para la sociedad. Ahora más específicamente, el Ingeniero Metalurgista es un profesional cuya actividad principal comprende la obtención de los metales, partiendo de los minerales o del estado en que se encuentran en la naturaleza, para procesarlos o manufacturarlos, convirtiéndolos en objetos útiles a la humanidad, de la manera más eficiente y económica posible.

Para ello estudia sus propiedades con el propósito de controlar, perfeccionar y desarrollar nuevos métodos de procesamiento. Estas definiciones contienen las ideas fundamentales sobre las cuales se han diseñado los nuevos planes y programas de estudio, cuya finalidad es permitir una formación del ingeniero de acuerdo con las necesidades actuales de nuestra industria nacional. Los planes de estudio de nuestra Carrera de Ingeniería contemplan una dosificación adecuada en materias como las que se detallan a continuación:

1. Preparación en Ciencias Básicas y en Ciencias de la Ingeniería, adecuada a su orientación profesional y a las materias propias de la especialidad de Metalurgia.
2. Formación científica y tecnológica en la especialidad de Metalurgia. La enseñanza se dirige preferencialmente al conocimiento y

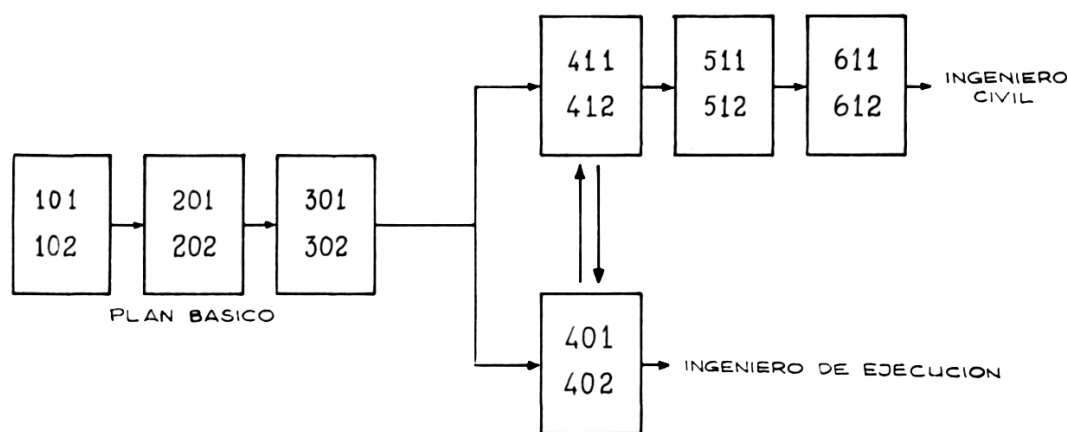
aplicación de las tecnologías en uso de la especialidad.

3. Conocimientos básicos de Administración de Empresas y Relaciones Humanas, enfocados principalmente a la dirección y ejecución de proyectos y de la producción.
4. Conocimientos humanísticos y de Ciencias Sociales que contribuyen a la formación integral y a desarrollar el sentido social de la profesión, considerando un verdadero respeto por los valores humanos.

La preparación del ingeniero se inicia con un plan básico de seis semestres, el cual capacita al estudiante para completar la Carrera de Ingeniería de Ejecución, con dos semestres adicionales, o bien elegir la Carrera de Ingeniería Civil, lo que significa seis semestres más, como se indica en la figura.

Los números en cada cuadro representan los semestres académicos. El primer dígito indica el nivel, el segundo el plan (0 para Ingeniería de Ejecución y 1 para Ingeniería Civil) y el tercero, el semestre dentro de cada nivel.

Para encarar las posibilidades mencionadas, el estudiante recibe una sólida preparación a través de las asignaturas de su especialidad, desde aquellas de motivación, como Introducción a la Metalurgia, las fundamentales de la especialidad, tales como Estructura Cristalina, Termodinámica Metalúrgica, Mineralogía y las de Ciencias Aplicadas de la Ingeniería, como



Electrotecnia, Procesamiento de Minerales, Fundición, Hidrometalurgia, Metalurgia Química, Metalurgia Física y otras que se imparten en el Plan Básico.

En los últimos niveles se han ubicado las asignaturas profesionales como Refractarios y Hornos, Metalurgia Mecánica, Metalurgia de la Fundición, Proyectos Metalúrgicos, etc.

Desde luego, no es posible entregar en forma detallada a los futuros ingenieros la totalidad del bagaje de conocimientos y metodologías propias de cada disciplina mencionada, razón por la cual se ofrecen durante los dos últimos semestres de cada Plan, asignaturas de especialización específica de libre elección, tales como Siderurgia, Pirometalurgia del Cobre, Análisis Instrumental, Procesos de Solidificación, Conformado Mecánico de los Metales, etc. Durante ese período el estudiante debe, también, realizar su Trabajo de Titulación, con lo cual acreditará estar capacitado para solucionar problemas convencionales de la especialidad, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera.

El Departamento ofrece semestralmente a través de sus Áreas Académicas, temas de investigación aplicada y de proyectos de ingeniería relacionados con el proceso industrial y que el alumno puede haber conocido durante su práctica profesional controlada en la Industria. De este modo se le asigna un tema adecuado para efectuar su trabajo de titulación, último requisito para finalizar la Carrera de Ingeniería.

El Ingeniero Metalurgista formado en esta Universidad encuentra amplias posibilidades en el campo ocupacional. El Ingeniero de Ejecución

egresa capacitado para desempeñarse en industrias relacionadas con la obtención y refinación de metales, con manufacturas metálicas, tales como fundiciones ferrosas y no ferrosas, en plantas de conformado mecánico de metales, en laboratorios de control y realizando labores de apoyo en institutos de investigación como también en instalaciones que utilicen energía nuclear. El Ingeniero Civil queda habilitado para proyectar, calcular, diseñar y montar plantas metalúrgicas, esto es, considerando las diferentes etapas que implica un proyecto industrial desde su concepción hasta su puesta en marcha en el terreno. Se encuentra capacitado, además, para administrar y dirigir plantas actualmente en operación.

### CUERPO DOCENTE

El Departamento de Metalurgia imparte docencia a un total de 660 estudiantes, de los cuales 600 cursan asignaturas del Plan de Ingeniería de Ejecución y 60 del Plan de Ingeniería Civil. Para los fines académicos se cuenta con el concurso de 35 profesores de jornada completa y 12 profesores de jornada parcial, especialistas todos ellos en diversas disciplinas relacionadas con la Metalurgia; además de realizar actividades docentes se encuentran capacitados para llevar a cabo proyectos de investigación básica y aplicada y proyectos de asesorías a la industria.

Para efectos de la organización académica del Departamento, se han definido dos grandes áreas de acuerdo con las especializaciones afines del campo de la Metalurgia, en lo que se refiere a docencia e investigación:



### CUERPO DOCENTE

Algunos profesores del Departamento de Metalurgia. De izquierda a derecha, sentados: Profesores: B. Schulz, E. Villar, R. Ramírez, J. Garon, R. Bustamante, G. González, R. Reyes. De pie: W. Guíachetti, M. Meza, J. Avendaño.

- a) **Area de Metalurgia Extractiva.** Engloba todos los procesos relacionados con la obtención y refinación de los metales a partir de sus minerales.

Esta Area reúne a los especialistas en la Metalurgia del Hierro o Siderurgia, incluyendo la fabricación de aceros, y a los especialistas en la Metalurgia del Cobre y otros metales de importancia comercial.

- b) **Area de Metalurgia Adaptiva.** Comprende todos los procesos de manufacturación a partir de los metales refinados para obtener el producto en la forma definitiva de utilización. Esta Area junta a los especialistas en fabricación de piezas de fundición, diseño y fabricación de aleaciones, tratamientos térmicos, procesos de elaboración por deformación plástica de los metales, tales como laminación y trefilación, estudio de la estructura y propiedades de materiales semiconductores y otros.

Sin lugar a dudas, el llevar a cabo una tarea académica que, por la diversidad de disciplinas asociadas, es bastante compleja, requiere de personal altamente especializado y dotado de espíritu crítico y creador. Por esto ha sido y es preocupación permanente de este Departamento promover el perfeccionamiento de sus académicos a todo nivel. Un adecuado número de nuestros profesores han tenido la oportunidad de realizar estudios en el extranjero, en Universidades y Centros de prestigio en Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Francia, Alemania y Argentina. El Departamento de Metalurgia cuenta, en consecuencia, con un cuerpo docente de jornada completa, compuesto por 4 Doctores (Ph.D.), 1 Master (M.Sc.), 9 Ingenieros Civiles y 23 Ingenieros de Ejecución. La mayor parte de los Ingenieros ha realizado cursos de perfeccionamiento a nivel de graduados, dictados por especialistas de reconocido prestigio internacional. Cabe señalar al respecto la participación de este Departamento en los Programas de Perfeccionamiento de la O.E.A., a través del Proyecto Multinacional de Metalurgia con sede en la Universidad Católica de Valparaíso, mediante el cual se han podido perfeccionar un buen número de nuestros profesores. Es importante destacar el hecho de que el beneficiario directo de todo perfeccionamiento académico es el estudiante, por cuanto él constituye el receptor de nuevas técnicas, metodologías e innovaciones tecnológicas que el profesor recibe durante su perfeccionamiento.

Entre las variadas actividades académicas que realizan los profesores de este Departamento, cabe mencionar aquellas de asesorías a la

Dirección y que necesariamente restan minutos y a veces horas de trabajo administrativo. Para esos fines se ha establecido un comité directivo del Departamento formado por el Director y los Coordinadores Docentes, de Areas, de Extensión y Administrativo y Económico, cuyas funciones son las de optimizar el rendimiento y la marcha administrativa de la unidad.

## LABORES DE INVESTIGACION

En los párrafos anteriores se han bosquejado algunas cualidades que debe exhibir el académico requerido en la Universidad actual. Experiencias recogidas de diferentes centros universitarios internacionales demuestran que la mejor manera de formar ese académico es a través del ejercicio de la investigación en estricta relación con la docencia.

La investigación en la Universidad Técnica del Estado ha sido ubicada en el sitio que le corresponde, durante el año 1974, con motivo de la creación de la Dirección de Investigaciones dependiente de la Vicerrectoría Académica de la Universidad.

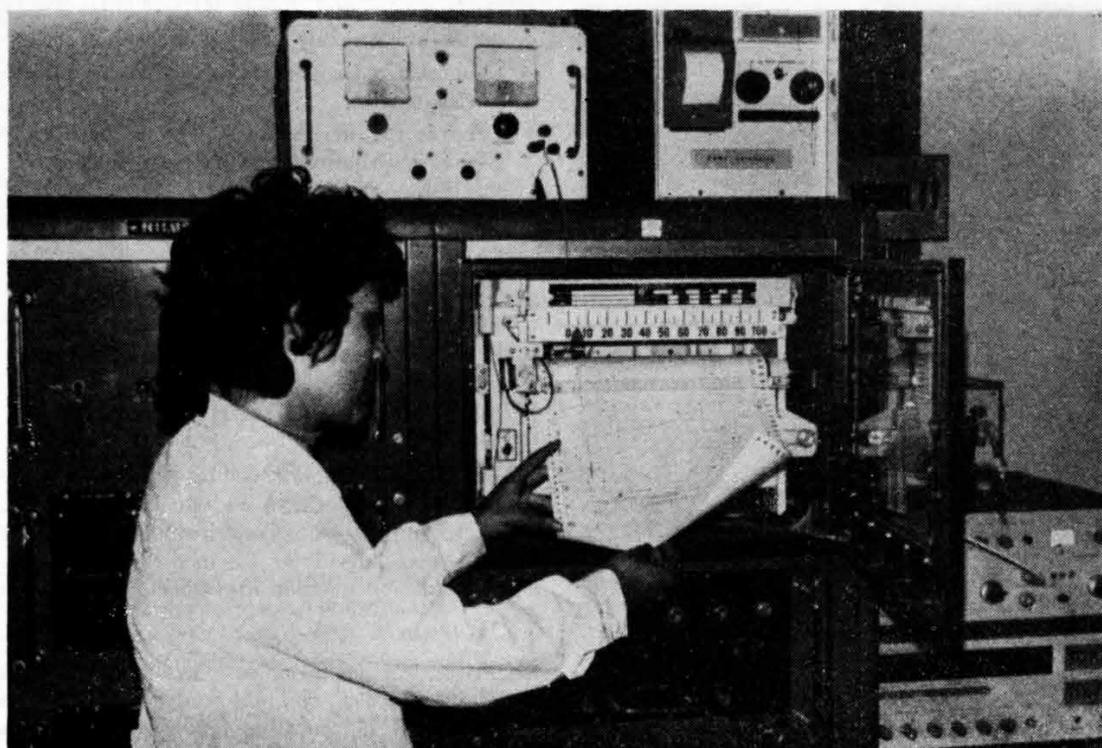
A través de esa Dirección se otorga el financiamiento y se ejerce un control adecuado de los diferentes proyectos de investigación presentados por los Departamentos Académicos.

La aprobación de proyectos de investigación se rige en nuestra corporación sobre la base de actividades prioritarias, de las cuales cabe destacar la promoción de la productividad y de la tecnología industrial de acuerdo con:

- a) Desarrollo de la Metalurgia Extractiva y Física.
- b) Desarrollo de la Ciencia de Materiales (metálicos, polímeros y cerámicos).
- c) Productos de nuevas tecnologías: automatización, informática, etc.
- d) Industria Metal-Mecánica.
- e) Industria Eléctrica, Electromagnética y Electrónica.

El Departamento de Metalurgia ha obtenido hasta la fecha la aprobación y financiamiento adecuado de los siguientes proyectos de investigación, los cuales se encuentran actualmente en realización:

- Propiedades Termoeléctricas de Semiconductores Ternarios.
- Estudio de Aleaciones Metálicas para Materiales Odontológicos.



- Recuperación de Molibdenita de Concentrados de Cobre.
- Determinación del Mecanismo de Lixiviación con Cloruro Cuproso.
- Electrorrefinación del Cobre con Corriente Periódicamente Reversa.
- Promoción de Uso del Molibdeno.
- Influencia del Vanadio en la Nodulación del grafito en las Fundiciones.  
Estudio de la Reacción Martensítica en el Sistema Fe-Cu-C.
- Fabricación de Fundición Nodular.
- Laboratorio de Pirometalurgia:

Diseño de un Reactor para la Tostación del Cinabrio.

- Estudio Termodinámico del Sistema Hg-S-O.

Estudio Cinético de la Influencia del Oxígeno, la Cal y el Hierro en la Tostación del Hg.

Métodos Hidrometalúrgicos para la obtención del Mercurio a partir del cinabrio.

- Laboratorio de Electrónica Instrumental.  
Ampliación de Laboratorio de Rayos X e instalación de nuevos equipos.

Con esta diversidad de proyectos hemos pretendido mostrar un balance equilibrado entre lo que es propio a la investigación científica y lo relacionado directamente con los procesos de nuestra industria nacional.

### PLANTA FISICA

Para obtener un buen logro de los objetivos trazados en cuanto se refiere a la docencia e investigación, es sin duda, primordial contar con una sólida infraestructura de laboratorios y equipos experimentales. El Departamento de Metalurgia dispone actualmente de un número de laboratorios adecuadamente equipados, que

permiten complementar las exposiciones teóricas con prácticas experimentales y además llevar a cabo las experiencias programadas en cada proyecto de investigación, así como también realizar diferentes trabajos y servicios a terceros. La planta física del Departamento está integrada por los siguientes laboratorios:



gia y otras. Entre esos cursos cabe destacar los de Ciencia de los Materiales, Moldeo, Tratamientos Térmicos, Fabricación de Aceros en Horno Eléctrico, etc.

- c) Actividades de Extensión. Nuestras actividades de extensión se han centrado principalmente en la proyección del Departamento hacia sectores relacionados con la producción, centros de investigación y centros universitarios internacionales. Resultaría extenso describir todo lo efectuado al respecto, sin embargo, merece destacarse la labor que realizan nuestros profesores al contactarse frecuentemente con todo tipo de empresas metalúrgicas y centros de estudios donde dan a conocer las variadas facetas del proceso académico.

### PLANES DE DESARROLLO

De las diversas posibilidades de desarrollo existentes en este Departamento, nuestra atención se ha centrado en aquellas líneas que pueden ser óptimamente reforzadas de acuerdo con la infraestructura humana y material de que se dispone actualmente. De este modo nuestras áreas de desarrollo son fundamentalmente la Solidificación y su Aplicación a los Procesos Tecnológicos y la Metalurgia de Procesos. El primer tópico contiene entre sus procesos más importantes la producción de piezas fundidas, de lingotes por medio de moldes y de colada continua, los procesos de soldadura y los tratamientos térmicos. El segundo tópico se refiere a los procesos extractivos y su estudio a través de simulación de modelos y diseño de reactores.

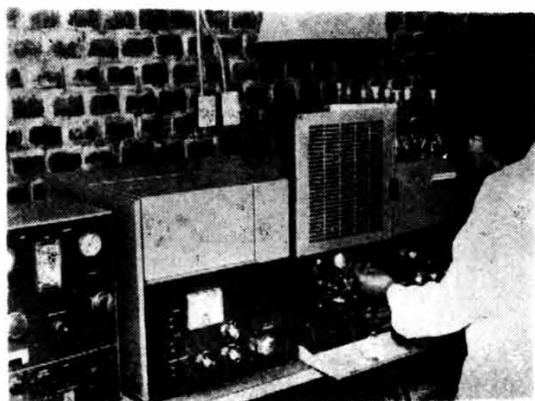
Se contempla, finalmente, el desarrollo de la Ciencia de los Materiales, área de gran interés

por constituir una actividad de carácter interdisciplinario, que requiere de los conocimientos de otras ciencias como la Química, la Física y la Electrónica.

Se han descrito, en este artículo, las actividades más importantes que, en combinación armónica hacen de éste un Departamento Académico. Conscientes de que se trata de una unidad más de esta Corporación, sus académicos vierten su empuje, esfuerzo y dedicación en un modesto aporte para hacer de ésta una gran Universidad.



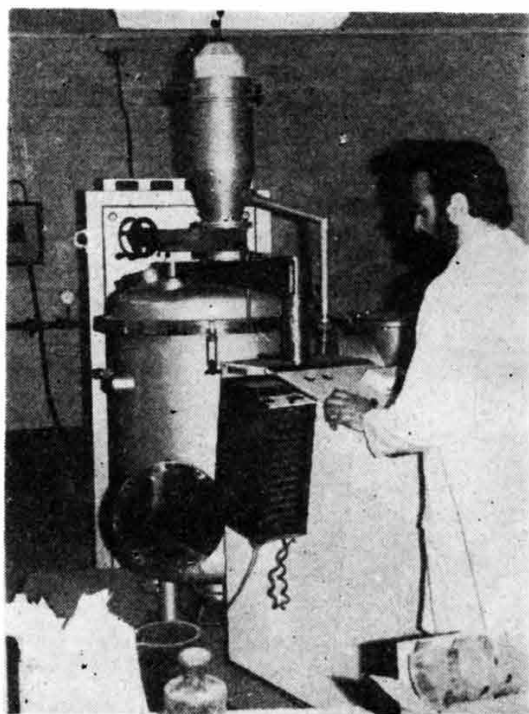
**Laboratorio de Rayos X**



**Equipo de Absorción Atómica. Laboratorio de Análisis Instrumental.**



**Horno eléctrico de Arco Indirecto. Laboratorio de Fundición.**



**LABORATORIO DE HORNOS**  
**Horno de Inducción al Vacío.**

- Laboratorio de Difracción y Fluorescencia de Rayos X para estudio de la estructura cristalina de los materiales y análisis de compuestos y elementos.  
Laboratorio de Análisis Químico. Análisis por vía húmeda, electrolítica e instrumental.
- Taller Piloto de Fundición. Fabricación de piezas fundidas en aleaciones ferrosas y no ferrosas, aceros corrientes y especiales. Cuenta con horno eléctrico trifásico para 500 Kgr., horno eléctrico rotatorio de arco indirecto, para 150 Kgr., horno Trommel rotatorio para 1.000 Kgr., horno de inducción en atmósfera controlada, hornos Morgan a crisol para 20 y 100 Kgr., y cubilote con capacidad de 2.500 Kgr/hr.
- Laboratorio de Control de Arenas. Preparación y ensayo de arenas de fundición.
- Laboratorio de Metalografía. Análisis metalográfico por pulido y ataque de probetas. Dispone de equipos de pulido, microscopios ópticos y con platina calentable y hornos para tratamientos térmicos.
- Laboratorio de Concentración de Minerales: Planta piloto de molienda y flotación para 200 Kgr./hr. y plantas de separación hidrogavitacional y magnética.
- Laboratorio de Deformaciones Plásticas. Cuenta con dos laminadores experimental y

semiexperimental, banco de trefilado y máquina universal de ensayos mecánicos.

Laboratorio de Mineralogía: Corte pulido y Calcografía.

Laboratorio de Análisis Térmico. Dilatómetros y Analizador Térmico Diferencial.

Laboratorio de Termogravimetría. Termobalanza para análisis termogravimétrico y termodiferencial.

Taller de Modelería: Fabricación de modelos para piezas fundidas en diferentes aleaciones.

### OTRAS ACTIVIDADES

En complementación de las labores fundamentales que se realizan en este Departamento, según fueron descritas anteriormente, se llevan a cabo otras actividades no menos importantes, como las que se detallan brevemente a continuación:

- a) Prestación de Servicios. Es sabido que las Universidades chilenas enfrentan hoy la necesidad de autofinanciar sus actividades lo cual se traduce en una necesidad imperiosa de aumentar sus ingresos. Al mismo tiempo se manifiesta el deseo de ofrecer sus laboratorios y talleres a los requerimientos productivos nacionales y proyectar sus labores de investigación en direcciones más acordes con la realidad económica chilena. Con estos fines el Consejo de Rectores de las Universidades chilenas firmó, en diciembre de 1974, un Convenio con la Confederación de la Producción y el Comercio y ODEPLAN, mediante el cual se busca una vinculación más estrecha de las Universidades con los sectores de la producción, en un afán de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos nacionales. El Departamento de Metalurgia ha iniciado y realizado dentro de ese contexto, un gran número de servicios a empresas productivas, los cuales junto con permitir un aumento de los ingresos propios, ofrecen las posibilidades de interiorizarse de problemas prácticos de gran interés.
- b) Cursos de Capacitación. En relación con la política delineada por el Supremo Gobierno en lo que se refiere a la capacitación y perfeccionamiento de los trabajadores del sector productivo, este Departamento ha dictado varios cursos de especialización a los trabajadores de empresas como la Sociedad Minera El Teniente, Electrometalur-