

APORTES TECNOLÓGICOS DE LA INGENIERÍA MILITAR AL DESARROLLO NACIONAL[∞]

RODRIGO CARO DE KARTZOW**

RESUMEN

El desarrollo de la industria militar en Chile va ligado al de la industria nacional. Tal como acontece con la historia del Ejército y la historia del país, la de la ingeniería militar es un ejemplo de crecimiento orgánico en relación con su su par civil. La colaboración antes que la competencia es el sello que mejor ilustra el sentido que posee el desarrollo de los armamentos, los explosivos, la cartografía y el potencial nuclear. Esta colaboración se ha mantenido con los años y hoy es posible afirmar que la relación entre profesionales y técnicos civiles y uniformados ha alcanzado un estado nunca antes visto. Las políticas gubernamentales que financian la investigación y el desarrollo de iniciativas que favorecen el estudio y el ejercicio de la investigación en ciencia y tecnología, proviene de una vocación de futuro que nace en las márgenes de los movimientos independentistas, movidos, naturalmente, por la necesidad de autosustentarse como enclaves soberanos.

Palabras clave: Ejército de Chile, ingeniería militar, FAMA E, municiones, ingeniería nuclear.

* Coronel de Ejército. Oficial del arma de telecomunicaciones; Ingeniero Politécnico Militar con mención en Química; PhD y Magíster en la Universidad de Cranfield (UK); Magíster en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile; actualmente se desempeña como Director de la Academia Politécnica Militar. Chile. rcaro@acapomil.cl

♦ Para la elaboración del presente trabajo se contó con la colaboración del brigadier Víctor Aguilera Acevedo. Oficial del arma de artillería; Ingeniero Politécnico Militar con mención en Química; candidato a Doctor en Relaciones Internacionales, U. de Lérida (España); Investigador Academia Politécnica Militar, Chile. vaguilera@acapomil.cl; coronel Alfonso Walker Romero. Oficial del arma de ingenieros; Ingeniero Politécnico Militar con mención en Armamento; Magíster en ciencias de los materiales, IME (Brasil); Investigador Academia Politécnica Militar, Chile. awalker@acapomil.cl; coronel Alfredo González Silva. Oficial del arma de artillería; Ingeniero Politécnico Militar con mención en Geografía; Máster en dirección y organización de empresas, negocios internacionales, Universidad de Lleida (España); Departamento de Posgrado y Extensión Academia Politécnica Militar, Chile. agonzalez@acapomil.cl; teniente coronel Sergio Rosales Guerrero. Oficial del arma de infantería; Ingeniero Politécnico Militar con mención en Química; MSc. en modelación y simulación por la Universidad de Florida Central, EE.UU. Profesor Academia Politécnica Militar, Chile. srosales@acapomil.cl

∞ Fecha de recepción: 170610

Fecha de aceptación: 280610

ABSTRACT

TECHNOLOGICAL CONTRIBUTIONS OF THE MILITARY ENGINEERING TO THE NATIONAL DEVELOPMENT

The development of the Chilean military industry is closely related to the growing of the national industry. Similarly to the way the history of the Army and the country are tightly related, the history of the military engineering is an example of organic growth when compared to its civilian counterpart. Collaboration instead of competition is the distinctive seal that best shows the development of weaponry, explosives, cartography and nuclear power. This collaboration have lasted with the years and we can affirm today that the relationship within civilian professionals and technicians and their military counterparts has reached an state that has never seen before. The governmental policies that fund R&D of initiatives that facilitate the science and technology study and research, come of a futuristic vision, born in the rim of the independent movements, driven naturally by the need of self sustain as sovereign nations.

Keywords: *Chilean Army, military engineering, FAMA E, ammunitions, nuclear engineering.*

INTRODUCCIÓN

Industria militar y desarrollo nacional

El desarrollo de los países suele ser paulatino y medido. Algunos marchan, qué duda cabe, más rápidamente que otros, de modo que los unos acaban volviéndose proveedores y los otros usuarios de tecnologías (Academia Politécnica Militar, 2006) (Instituto Geográfico Militar, 2004) (López, 2002) (Von Shackman, 2000) (Soto Sobell, 1983) (Rosales, 2005). Si bien, en el caso de Chile, el panorama actual se inscribe más bien en el listado de los usuarios de tecnologías, ello no alcanza a ser una medida absoluta. Tanto las universidades como las empresas y el Estado, comparten desafíos importantes en términos de innovación y emprendimiento, con lo cual dan pie a desarrollos concretos en el campo de la aplicación científica.

El Ejército de Chile, por su parte, ha formado parte de esta vocación de crecimiento desde sus inicios. En 1811 se crean las primeras Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMA E), las que con el paso del tiempo irán consolidándose en el sector industrial del país. En 1922 se crea el Instituto Geográfico Militar y hacia

mediados de la década de 1950 se construye la primera planta experimental de explosivos en Talagante, al alero del Instituto de Investigaciones y Control, organismo cuya creación data de 1911. Algunos de los logros, consagrados por el trabajo de cientos de ingenieros, técnicos y operarios civiles y militares, se reseñan brevemente en los cuatro apartados siguientes.

1. Ingeniería militar: artefactos de guerra y de paz

Próximamente las Fábricas y Maestranzas del Ejército, FAMA E, tendrán su propio bicentenario, puesto que nació con la patria un 8 de octubre de 1811. Este aniversario llena de orgullo a quienes en alguna oportunidad trabajaron en ella.

Su historia, indisolublemente ligada al Ejército de Chile, nos muestra una empresa que desde sus inicios ha tenido una evolución permanente, desde la reparación de los mosquetes patriotas, hasta la mantención y soporte de modernos sistemas de armas.

¿Qué ha aportado FAMA E a Chile, que llena de orgullo a sus integrantes actuales y pasados?

La respuesta es fácil de deducir a partir de un recorrido por su historia, la que muestra que más allá de hacer productos, fue y es una empresa que mediante el empleo de sus capacidades técnicas y la voluntad de sus integrantes ha sido líder en variadas áreas de la industria nacional,

Sus producciones o desarrollos propios de carácter militar han sido relevantes para las Fuerzas Armadas y especialmente para el Ejército en su rol fundamental. Junto con ello, se ha dado el caso de modificaciones a productos llegados del extranjero (aspecto que posteriormente la industria civil chilena perfeccionó y aplicó a la logística y la producción en masa). Tal es el caso de la modificación de los fusiles con que contaba el Ejército en 1879, para uniformar calibres y así usar un solo tipo de munición. Esto permitió una simplificación sustantiva de la logística de campaña y paralelamente un incremento nada despreciable en la cantidad de municiones que se fabricaba.

Inicio de la industrialización en Chile

En cuanto a producción de bienes y equipos para la industria, el primer registro identificado señala que FAMA E “*inicia en 1868 la fabricación de*

elementos para actividades civiles, produciéndose en el bienio 1868-1869, máquinas para tascar cáñamo [y] máquinas para serrar madera, las que se expusieron en la Exposición Nacional de Agricultura y tuvieron gran demanda, además de arados, cultivadoras, diversas herramientas agrícolas, máquinas para sembrar trigo, otras para triturar uvas y ejes para carretas” (Von Shackman, 2000).

No se tiene información de que se hayan producido antes en Chile maquinarias y equipos agrícolas de manera industrial, solo se hacían artesanalmente en algunas herrerías.

En los registros de la historia de las fábricas, aparece que *“en 1871 fabrica para la Armada un bote a vapor con casco de fierro y motor de 4 caballos, la máquina y un caldero para el bote de la corbeta “Chacabuco”, un motor de 6 caballos y otro de 4. Para la marina mercante fabricó 12 calderas, de 2 a 30 caballos de fuerza, también una hélice a la Compañía Inglesa de Vapores, para reemplazar otra similar del vapor Lusitania (Von Shackman, 2000).*

En 1872 se entrega a la Armada una máquina y una caldera locomotiva de 8 caballos, otra de 15, una caldera de 40 caballos y otra de 200, tres sistemas tubulares de destilación, dos bombas a vapor y calderas para cuatro botes.

Ese mismo año construyen para [el uso civil] dos molinos para harina con motor hidráulico, tres trapiches para metales, una hélice para vapor, sierras verticales, ocho prensas de palanca para pasto, dos prensas de tornillo para uvas, arados, cultivadoras y herramientas agrícolas (Von Shackman, 2000).

Se puede observar que fabricar ese tipo de productos en esos años constituía todo un salto tecnológico, ya que prácticamente todas las máquinas procedían del exterior; en ese contexto, no es aventurado señalar que FAMA-E fue uno de los actores más relevantes en los comienzos de la industrialización en Chile.

Electrificación

En marzo de 1901 se autoriza a FAMA-E a invertir en una instalación eléctrica destinada a mover sus máquinas y alumbrado, desarrollo que recién se iniciaba en el país. (Von Shackman, 2000).

Cabe destacar que la corriente alterna solo aparece en Chile con la construcción de una central en “El Sauce” en 1905.

Fundición de no ferrosos

En 1916 se pone en marcha la Fundición y Laminación de Latón, destinada a producir planchas de aleaciones de cobre y otros no ferrosos, materia prima de vainillas.

Esta planta fue, además, capaz de entregar al mercado nacional planchas, láminas, flejes y alambre trefilado de cobre y sus aleaciones, siendo por ello la primera fábrica instalada en Chile para estos productos. Pasarán algunos años antes de que se creen otras empresas de productos no ferrosos.

Su importancia radica en que siendo Chile el principal productor de cobre del mundo, era la primera oportunidad en que se incorporaba valor agregado al recurso natural.

Siderurgia

En 1916 se construye la Fundición N° 1 y, en 1934, se levanta y pone en operación el *Taller de Laminación de Aceros*, cuyo tren laminador fue fabricado íntegramente en FAMA E, importándose solamente el motor y el reductor de velocidad. En estas instalaciones se producían principalmente barras de acero para la construcción.

Recién en 1946 se creó la Compañía de Acero del Pacífico, CAP, y en 1950 se inauguró y puso en marcha la Planta Siderúrgica de Huachipato, lo que significa que FAMA E fue nuevamente precursor con 15 años de anticipación de la industria pesada del acero.

En 1936 se instala la Fundición N° 2, equipada con un horno eléctrico para 10 toneladas de acero por colada, con lo cual mejora cuantitativa y cualitativamente la producción.

En el año 1951 se recibió y procedió a instalar un laminador de planchas y perfiles Skoda, adquirido en Checoslovaquia, el que no había podido traerse a Chile en su oportunidad por el estallido de la Segunda Guerra Mundial.

Otros productos

En la década de 1920, en FAMA E se fabrican nuevos elementos para actividades civiles, entre los que se pueden citar máquinas para fabricar helados, baterías para vehículos y radiorreceptores.

En 1936 se organiza un taller para fabricar diversos tipos de maquinaria agrícola, para lo cual se perfeccionaron algunos modelos y se incorporaron otros nuevos.

En el período 1948-1950 se dio gran importancia a la producción de nuevos artículos, destacándose una máquina de coser eléctrica, prensas tipo Bliss, taladros de sobremesa, tornillos mecánicos de diversas medidas, cultivadoras, cosechadoras, etc.

Primeros electrodomésticos

En 1950, FAMA E lanza al mercado una lavadora eléctrica, la primera construida en Chile, cuyo motor también era de fabricación propia. De manejo simple, excelente presentación y sólida construcción, esta lavadora tuvo gran éxito y se fabricó durante muchos años, reemplazándose en las últimas partidas su cuba metálica por una plástica. Dejó de fabricarse cuando diferentes empresas particulares lanzaron al mercado nuevos modelos. Con esta lavadora, FAMA E destacó como pionero en la producción industrial.

En 1960, FAMA E asume nuevamente un rol similar al iniciar la fabricación de motores eléctricos de variadas potencias para proveer a diversas empresas del rubro línea blanca (lavadoras FAMA E (sic), refrigeradores, jugueras, etc.).

2. La química, la defensa y algo más

La industria química en Chile ha alcanzado hoy día niveles de desarrollo importantes. Sin embargo, la demanda de instrumentos sofisticados, de conocimientos específicos, de construcciones seguras, ralentizan el ímpetu de los investigadores más ávidos. De allí que suela asociarse el desarrollo de los países al estado de su industria química.

Hoy día, la *“industria química chilena está formada por alrededor de 130 empresas que producen cerca de 300 sustancias químicas industriales”* in-

dexadas en la “*clasificación 351 del Estándar Internacional de Naciones Unidas*” (UCV, 2010). Ello, no obstante, es el producto de un desarrollo reciente. En 1925, la Universidad de Concepción crea la carrera de química industrial, en respuesta a las demandas industriales de la región del Biobío (Albala, 2010). En 1928 egresa el primer ingeniero químico de la Academia Politécnica Militar (Academia Politécnica Militar, 2006). En 1959 se aprueba la carrera de química en la Universidad de Chile (Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, 2010). En 1955, cuatro años antes, se construía la primera planta experimental de explosivos del Ejército, en la localidad de Talagante.

En 1973, en el mes de marzo, es creado el Complejo Químico Industrial del Ejército, CQIE, organismo que tiene su origen en aquella planta experimental de 1955, organizada con ese único fin bajo la tutela del Instituto de Investigaciones y Control del Ejército, IDIC.

A semejanza de otros desarrollos similares, el CQIE aparece como una respuesta a la necesidad que tenía el Ejército de proveerse de pólvoras y propelentes por medio de una capacidad industrial propia. Ello derivó en la adquisición de un complejo industrial en España, que contemplaba una planta de nitrocelulosa, una de pólvora y otra de fulminantes. Todos ellos, en conjunto con una planta de éter adquirida por esos mismos años al Instituto Bacteriológico de Chile, hicieron posible fabricar y producir todo el tren de encendido y propulsión de diversas municiones en uso en el Ejército.

Ni uno solo de estos desarrollos fue fruto de la gratuidad. Todos ellos debieron fundarse y construirse ladrillo a ladrillo, lo que implicó no solo el despliegue de obras civiles, sino también el compromiso de ingenieros, técnicos y trabajadores que junto con la construcción de las instalaciones del futuro complejo serían enviados a especializarse en distintas áreas de la producción y el manejo de sustancias peligrosas (algo similar a lo que va a ocurrir con el desarrollo nuclear que revisamos en el numeral siguiente).

La actividad industrial del CQIE abarcó diversos ámbitos en el contexto de los propelentes y explosivos. A los de uso exclusivamente militar, se sumaron la pólvora y los fulminantes para cartuchería de caza, el éter para clínicas y hospitales, la nitrocelulosa y las lacas para pinturas, la maquila de materias primas específicas, entre otros (Soto Sobell, 1983).

En cuanto a los productos de uso militar, ellos contemplan en la actualidad la regeneración de munición de armamento mayor, la fabricación de elementos pirotécnicos, de emisores de humo, de granadas ofensivas y defensivas, y el desmilitarizado de munición de armamento mayor y menor.

La provisión de productos de uso militar, sumado a la producción de materias primas para la industria nacional, especialmente la de las pinturas, da cuenta de una actividad integral, puesto que a ella deben agregarse la formación y capacitación de ingenieros en la Academia Politécnica Militar, los estudios de posgrado, el ejercicio de la docencia y la colaboración civil-militar, sin la cual no es posible llevar adelante esta clase de desarrollos.

Es en este esquema donde se inscribe la acción de esta industria militar en el contexto nacional. La capacidad de levantar una instalación química de las dimensiones de la actual división municiones y propelentes de FAMA E (ex CQIE), de implementar procesos, de fabricar prototipos, de mantener distintas líneas de productos, de innovar de cara a la creciente tecnolozación de los procesos industriales y de reinventar, en último término, las ideas fundacionales de una planta experimental, habla por sí sola.

3. Los átomos para la paz: desarrollo nuclear en Chile¹

El Dr. Cruz-Coke luchó durante una década (1955-1964) para la creación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), meta que cumplió recién el 16 de abril de 1964.

En los 46 años transcurridos se han construido los Centros de Estudios Nucleares de Lo Aguirre y La Reina.

Aplicaciones civiles del átomo se están empleando en medicina, industria, agricultura, minería y en otros campos de la ciencia y tecnología chilena.

1 “Cuando Hahn y Strassman publicaban en 1939 una tímida experiencia de liberación de energía atómica, señalaban el ocaso del mundo energético de Lavoisier, Carnot, Mayer y Maxwell”. “¿Por qué la energía atómica tiene relieves tan excepcionales? Porque mientras una libra de carbón se puede transformar más o menos en un kilovatio de energía eléctrica, una libra de combustible atómico, consumido por completo, rinde 2,5 millones de kilovatios. O sea, una libra de combustible nuclear es el equivalente aproximado de 1.250 toneladas de carbón bituminoso”. Discurso pronunciado en el Senado el 14 de septiembre de 1955. El Dr. Eduardo Cruz-Coke fue senador de la república, ex candidato presidencial y el primer Presidente de la Comisión Chilena de Energía Nuclear en el año 1964.

La CCHEN ha proporcionado capacitación a cientos de profesionales para un manejo seguro y eficiente de las técnicas que tienen su base en los rayos y en las partículas que fluyen de las sustancias nucleares.

En las líneas siguientes se resumirá el aporte de la ingeniería militar al desarrollo nuclear nacional.

El primer ingeniero chileno en iniciarse en el estudio de las ciencias nucleares fue el mayor (IPM)² Enrique Lackington Montti, al ser destinado en el año 1956 a la *School of Nuclear Science and Engineering*, dependiente del Laboratorio Nacional de Argonne, Illinois (EE.UU.). En esa Institución, el Mayor Lackington realizó estudios de posgrado en el área de las ciencias nucleares con énfasis en el cálculo y diseño de reactores.

Las inquietudes del Mayor Lackington contribuyeron, en gran medida, para que Chile construyera el “Centro Nuclear de La Reina”, que fue inaugurado por el Gobierno Militar en octubre de 1974 (Rosales, 2005).

En 1968, el Ministro de Defensa Nacional dispuso que anualmente oficiales de cada Institución de las FF.AA. realizaran cursos relacionados con la energía nuclear. Es así como entre los años 1969 y 1982 se capacitaron en el extranjero 16 oficiales IPM, en distintas áreas de la ingeniería nuclear, en España y Brasil.

En 1983, el Presidente de la República dispuso que otros 12 oficiales IPM asistieran a cursos de Ingeniería Nuclear en Estados Unidos, Inglaterra y Argentina.

En febrero del año 1970, el teniente coronel e ingeniero nuclear Jaime Estrada L. propone al Comandante en Jefe del Ejército la construcción de un reactor nuclear de responsabilidad del Ejército de Chile y, en 1972, se inicia la construcción del Centro Nuclear de Lo Aguirre con la participación de la Junta de Energía Nuclear de España. En este Centro se instalaría el reactor de investigación con una potencia de 10 megavatios.

El 4 de febrero de 1977, el reactor del Centro de Estudios Nucleares de Lo Aguirre alcanzó su primera criticidad,³ oportunidad en la que, adicionalmente,

2 Ingeniero Politécnico Militar.

3 Se alcanza la criticidad cuando la reacción nuclear en cadena se automantiene.

fue inaugurado el Centro de Estudios Nucleares del Ejército (CENE). Dicho reactor nuclear quedó totalmente operacional en noviembre de 1989.

Durante el Gobierno Militar los ingenieros politécnicos militares con estudios de posgrado en ciencias nucleares, y que se desempeñaron en cargos directivos en la Comisión Chilena de Energía Nuclear y en el Centro de Estudios Nucleares del Ejército, realizaron los siguientes aportes al desarrollo nacional:

- Puesta en marcha del Reactor Nuclear de La Reina (1974).
- Puesta en marcha del Reactor Nuclear de Lo Aguirre (1977).
- Creación del Centro de Estudios Nucleares del Ejército (CENE) (1977).
- Construcción y puesta en marcha de la Planta de Irradiación multipropósito (1978).
- Decreto Supremo N° 1.304 “Objetivo y Política para el Desarrollo Nuclear del País” (1983).
- Ley de Seguridad Nuclear (1984).
- Carta Pronóstico del Uranio (1985).⁴
- Construcción del edificio de Geología y Minería en el CEN Lo Aguirre (1985).
- Construcción del edificio para la Planta de Fabricación de Elementos Combustibles en el CEN Lo Aguirre (1986).
- Construcción de instalaciones para la Molienda de Minerales y Lixiviación en el CEN Lo Aguirre (1986).
- Exposición itinerante “Los Secretos del Átomo” (1982-1989).⁵
- Chile fue nombrado, en varias oportunidades, Gobernador del Organismo Internacional de Energía Atómica con sede en Viena, Austria.

Finalmente, varios ingenieros politécnicos militares se desempeñaron como Consejeros Científicos en la Embajada de Chile en Austria. En el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) obtuvieron importantes recursos financieros; presentaron y lograron la aprobación de proyectos en las áreas de medicina, salud, minería, industria y agricultura; gestionaron visitas de expertos nucleares a Chile y consiguieron numerosas becas para que especialistas chilenos pudieran asistir a diversos cursos y conferencias sobre tópicos nucleares relevantes.

4 Para promover la exploración y explotación de dicho mineral atómico.

5 Esta exposición recorrió las principales ciudades de Chile. Su objetivo fue dar a conocer a los estudiantes y público general las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.

4. Geografía y geógrafos: el medio natural y la ciencia

Desde la perspectiva de la geografía, entendida esta como ciencia, el aporte del Instituto Geográfico Militar (IGM), en particular, puede sintetizarse en su visión corporativa: *“Ser referente nacional en la generación de información geoespacial”*, siendo su misión la de *“constituir en carácter de permanente la autoridad oficial, en representación del Estado, en todo lo que se refiere a la geografía, levantamiento y confección de cartas del territorio nacional”*, y *“constituir un servicio de información técnica y permanente en geografía del territorio nacional, que requieran los organismos del Estado, para el desarrollo y la seguridad”*. La visión refleja una aspiración, sustentada en logros históricos, en tanto la misión, establecida por ley, reconoce la importancia del conocimiento del territorio nacional para el desarrollo de la República de Chile.

Sin lugar a dudas, un análisis cuantitativo exhaustivo otorgaría el aporte directo e indirecto de las actividades del IGM a la acumulación de factores de producción y a la productividad –con el progreso tecnológico y el incremento de capital humano como sus elementos fundamentales– como factores determinantes del nivel de desarrollo económico de los países. En este plano, las actividades que ha realizado el IGM tienen un efecto positivo transversal sobre la totalidad de los sectores productivos y no productivos del país, entre los que se pueden mencionar a la minería, agricultura, defensa, transporte, educación, cultura y servicios públicos.

Desde la perspectiva de los factores fundamentales para el desarrollo económico y social del país, es decir, los Objetivos Nacionales Permanentes y los Objetivos de la Defensa Nacional, el aporte del IGM ha sido amplio y variado. Se puede decir, de hecho, que existe una correlación positiva entre la información territorial disponible y el nivel de desarrollo de los países, esto es, se evidencia un incremento del desarrollo económico conforme aumenta la cantidad y calidad de la información territorial.

La estrategia de desarrollo para el logro de la visión y misión del IGM han sido definidos en grandes temas estratégicos, que se han traducido en proyectos reales y efectivos a lo largo de sus 88 años de vida y que han concretado su aporte al desarrollo nacional. Así, el año 1902 se considera el año del inicio del levantamiento regular; las hojas levantadas son recibidas por la Caja de Crédito Hipotecario (actual BancoEstado) como planos oficiales para otorgar préstamos (Instituto Geográfico Militar, 2004). Entre 1903 y 1929 se levantan 319 hojas escala 1: 25.000. A partir de entonces, cabe subrayar: 1) El Plan Nacional de Cartografía y Fotogrametría (PLANACAFO) 1976-1986; este proyecto demanda la introducción

y aplicación de nuevas técnicas de trabajo: las geodésicas satelitales doppler y fotogramétricas analíticas, lo que permite entregar al país en forma integral las redes geodésicas de triangulación planimétricas de I, II y III orden, como también las redes altimétricas de I y II orden y, en un período de 10 años, de las primeras cubiertas cartográficas regulares, a escalas 1: 50.000, la complementaria insular escala 1: 100.000, escala 1: 250.000 y escala 1: 500.000, en formato papel; 2) Plan de Modernización y Automatización de Procesos Productivos. A partir del año 1990 se inició en el IGM un proyecto tendiente a la obtención de cartografía en formato digital de las cubiertas cartográficas regulares del país, la que está siendo empleada hoy en día por la comunidad nacional; 3) Proyecto Tridimensional de Cartografía Nacional (GEOTEC), cuyo propósito general fue actualizar la cubierta cartográfica digital a escala 1: 50.000 - 1: 250.000 - 1: 500.000 del territorio nacional, permitiendo generar escalas intermedias al incorporar información geográfica adicional a las bases de datos, obteniendo un producto digital acorde con las nuevas tecnologías para el tratamiento de la información computacional gráfica; 4) Proyecto "Sistema de Referencia Geodésico para las Américas - SIRGAS", cuyo propósito es generar una referencia geodésica común para el país en conformidad con el Sistema de Referencia Geodésico Mundial (WGS-84); otros proyectos geodésicos de importancia en que participan oficiales IPM a través del Instituto, son los Proyectos Central Andes Project (CAP) y South American Geodynamic Activities (SAGA) con una aplicación a la dinámica de placas, y el Observatorio Geodésico Integrado Transportable (TIGO), cuyo propósito es proporcionar datos que contribuyan al establecimiento del Sistema de Referencia Global; Base de Datos Geoespacial, que busca generar una base de datos estándar caracterizada por su seguridad, integridad, disminución de redundancias e inconsistencias, con capacidad de operar con otras bases de datos a fin de satisfacer necesidades de intercambio de datos generados por el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), proyecto este último generado desde sus inicios con una activa participación del IGM y que se enmarca dentro de la modernización del Estado, teniendo como propósito fundamental la optimización del uso de la información territorial disponible.

Habiendo mencionado los principales proyectos cartográficos y geodésicos realizados y en ejecución por el IGM, cabe establecer los beneficios que estos aportan para el desarrollo nacional. Ya mencionamos la utilidad de las primeras cartas escala 1: 25.000 como documentos válidos para el otorgamiento de créditos. La importancia actual de la cartografía digital y sus bases de datos asociadas dicen relación con la posibilidad de contar con un sistema que facilite la gestión de activos fijos de empresas, desde la gran minería hasta los servicios de utilidad pública, lo anterior a través de un Sistema de Información Geográfica basado en una cubierta cartográfica diseñada para cada propósito particular, obteniendo con ello

un óptimo control y una disminución de los costos asociados a su mantenimiento. Por otra parte, la seguridad ciudadana se ve beneficiada, dado que organismos como Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, Bomberos, organismos de salud y otros, cuentan con una herramienta que facilita la coordinación y rapidez de movilización que se requiere en situaciones de emergencia.

Así, como siglos atrás fue fundamental para las actividades antrópicas la definición de una red de líneas de paralelos y meridianos, hoy en día lo es contar con un sistema moderno y homogéneo de referencia, utilizando tecnologías satelitales en conformidad con los sistemas de referencia mundiales (WGS-84), que facilitan las actividades económicas productivas y de servicios, como también para la aplicación de políticas públicas a través de organismos como el Servicio de Impuestos Internos, Ministerio de Bienes Nacionales, Instituto Nacional de Estadística, Centro de Información de Recursos Naturales de la Corporación de Fomento (CIREN-CORFO).

En forma paralela a las actividades ya mencionadas, el IGM ha llevado adelante proyectos que van más allá de los que impactan en forma directa al desarrollo económico. En este contexto se pueden mencionar los proyectos de Cartografía de Campo de Hielo Sur, Proyecto de investigación IGM-INACH, cuyo objetivo fundamental es obtener cartografía digital del territorio chileno antártico, en particular de la Isla Rey Jorge; Geodesia Satelital (GPS) y Cartografía Digital de Los Montes Ellsworth sector Patriot Hills (sector en los 80° latitud sur y 81° longitud oeste), cuyo propósito es levantar, en ese sector de la Antártica Chilena, cartografía regional a escala 1: 25: 000 y 1: 50: 000, proyecto que involucra utilización de las áreas tecnológicas de geodesia satelital, gravimetría y cartografía digital.

El apoyo del IGM a la Proyección y Mantenimiento de las Relaciones Internacionales se materializa a través de su participación en diversas organizaciones de esta índole vinculadas a su misión. Por norma legal, el Instituto Geográfico Militar, a través de su Director, es representante del Gobierno de Chile ante los siguientes organismos: Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), órgano especializado dependiente de la Organización de Estados Americanos (OEA; Unión Geodésica y Geofísica Internacional (UGGI), organización científica no gubernamental cuyo fin es el estudio de la tierra y sus aplicaciones a las necesidades de la sociedad (tanto las actividades científicas en las áreas de la geodésica, vulcanología y sismología en el país, así como el prestigio del IGM ante esta organización han determinado que se constituya como organismo sede de Asambleas Generales de las asociaciones relacionadas, todo ello con la participación de centenares de científicos de todas las latitudes); Asociación Cartográfica Internacional (ICA),

donde la participación del IGM ha sido intensa en actividades propias de la Asociación, como la definición de normas y estándares relacionados con la elaboración y producción de cartografía; Unión Geográfica Internacional (UGI), integrada por 83 países y en la que participan científicos e investigadores de la geografía económica, humana, y cuyo objetivo es promover los estudios geográficos y su comunicación internacional; Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS), cuyo propósito es el desarrollo del conocimiento científico de la fotogrametría y sensores remotos y su aplicación a la cartografía, ciencias de la ingeniería, monitoreo y protección del medioambiente. Además de lo anterior, el IGM en el plano regional e hispano, es miembro de la Asociación de Directores de Institutos Geográficos de Sudamérica, España y Portugal, lo que le permite interactuar en el área de su competencia con el entorno regional e hispano, incrementando así los vínculos internacionales del país.

El IGM ha materializado su aporte a la cultura y educación del país con un sinnúmero de iniciativas que, en forma resumida, se pueden sintetizar en la publicación de 7 atlas temáticos, cartográficos y para la educación; en la publicación de 32 mapas físicos y temáticos, en formato papel y digital. Destacable es la colección de Geografía de Chile que se compone de 28 textos, temáticos y regionales, y que recibió el premio Wallace Atwood, otorgado en 1986 por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia, como también la publicación del libro *Volcanes de Chile* cuyo autor es el académico Sr. Oscar González-Ferrán, obra que recibió el premio Manuel Montt el año 1996, otorgado por el Consejo de la Universidad de Chile y el Atlas de las Formas de Relieve de Chile, cuyo autor es el Académico Roland Paskoff y que recibió el año 2002 el Gran Premio de Cartografía, otorgado por la Sociedad Geográfica de Francia. Por otra parte, el IGM ha avanzado en su proceso de difusión del territorio nacional. En los últimos años ha entregado para la sociedad chilena tres atlas en formato digital: la Geografía Escolar Interactiva "Nuestra tierra", el Atlas Cartográfico del reino de Chile y el Atlas Histórico de Chile, así como también un CD ROM de Lectura de Cartas Topográficas y un CD-ROM con la Red Geodésica Nacional Sirgas-Chile.

CONCLUSIONES

La labor de los ingenieros politécnicos militares no ha sido fácil, esto es un hecho. Quizá lo más destacable de todo sea la naturaleza de los desafíos que ella –en tanto ingeniería– ha debido abordar, todos ellos basados en la construcción e implementación de actividades industriales: FAMAE, el Complejo Químico Industrial del Ejército, el Instituto Geográfico Militar, el Centro Nuclear de Lo Aguirre, instalaciones todas ellas que constituyen ejemplos de labor de ingeniería, de colaboración

entre civiles y militares, y de beneficios sociales variados, esto es, aquellos que van desde la contratación de mano de obra hasta la consolidación de proyectos de alcance militar, interinstitucional (FF.AA.), y nacional. No es la de los ingenieros una profesión sencilla, cualquiera que haya escogido ejercerla lo sabe. La idea de ver edificios y plantas donde solo hay eriales o yermos, es el signo de una labor eminentemente humana. En esto, los ingenieros militares no son una excepción.

En consecuencia, la ingeniería militar ha sido y seguirá siendo un aporte al desarrollo nacional. Quizá uno de los aspectos más notables y que vale la pena resaltar en estas líneas finales sea la relación de la ingeniería militar con la materia misma, ya que ella se ha movido desde el núcleo de los átomos, pasando por la manufactura de máquinas y herramientas, hasta la representación cartográfica del territorio nacional. Es por esta razón que la ingeniería en Chile es deudora de la ingeniería militar que es de donde surge hacia el ámbito civil, tal como los ingenieros politécnicos militares de hoy son deudores de los de ayer. Su trabajo desinteresado y constante lleva también el sello del ser nacional. En este sentido, probablemente, el horizonte de su labor pueda concretarse en un lema recurrente aunque no menos verdadero, que es “hacer de Chile una gran nación”.

BIBLIOGRAFÍA

Academia Politécnica Militar (2006). *80 Años de la Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile*. Santiago de Chile: Sin pie de imprenta.

ALBALA, A. (2010). *Hacia la ingeniería química del siglo XXI*. Recuperado el 8 de junio de 2010, de Educación para la era tecnológica: <http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed434/ingQuimica.htm>.

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile. Recuperado el 11 de junio de 2010, de http://www.faciqyf.uchile.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=598.

Instituto Geográfico Militar (2004). *Historia del Instituto Geográfico Militar*. Santiago de Chile: TTGG IGM.

LÓPEZ, M. (2002). *Historia de la cartografía y de la topografía*. Madrid: Editorial del Centro Nacional de Información Geográfica.

ROSALES, TCL. S. (2005). *Monografía del coronel Enrique Lackington Montti*. Santiago de Chile: Texto inédito.

SOTO SOBELL, CRL. R. (1983). El Complejo Químico Industrial del Ejército. *Revista de la Ingeniería Química Militar* N° 4 , 3-6.

UCV. *La industria química en Chile*. Recuperado el 11 de junio de 2010, de <http://ciencias.ucv.cl/quimica/mod6/q6m2a004.htm>.

VON SHACKMAN, H. (2000). *Historia de FAMA E*. Santiago de Chile: Texto inédito.

