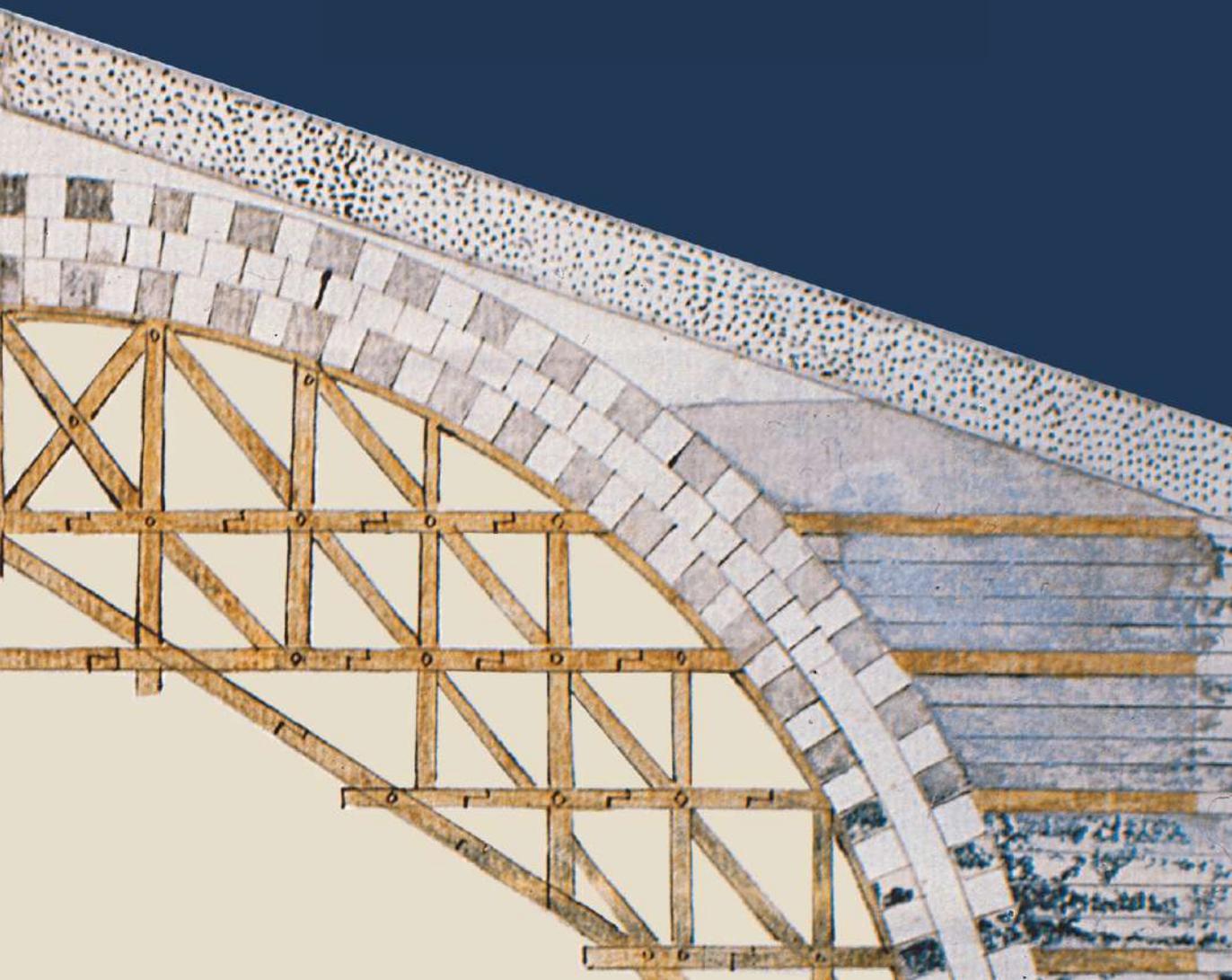


SIGLOS XVI-XIX

— CUATRO SIGLOS DE —
INGENIERÍA
ESPAÑOLA
— EN ULTRAMAR —

MUSEO SAN AGUSTIN



CUATRO SIGLOS DE INGENIERÍA ESPAÑOLA EN ULTRAMAR

Museo San Agustín, Manila



ÍNDICE

PRÓLOGO

1.EL LEGADO DE LOS INGENIEROS EN AMÉRICA Y FILIPINAS

2.CIUDAD Y TERRITORIO

3.OBRAS HIDRÁULICAS

4.COMUNICACIONES

5.INGENIERÍA MINERA

6.INGENIERÍA E INDUSTRIA

7.INGENIERÍA PORTUARIA Y DEFENSIVA

8.INGENIERÍA NAVAL

LISTA DE OBJETOS DE LA EXPOSICIÓN

CREDITOS

Es un verdadero honor y privilegio dar la bienvenida a esta magnífica exposición que celebra el legado y la contribución de la ingeniería española en los territorios de ultramar. Con ocho secciones cuidadosamente abordadas, esta exposición nos guía a través de un viaje fascinante a lo largo de cuatro siglos y a lo ancho de cuatro mares, explorando la influencia y el impacto de la ingeniería española en la configuración de paisajes, infraestructuras y sociedades en ultramar. Desde la construcción de ciudades hasta el diseño de sistemas hidráulicos, cada sección nos ofrece una ventana única para comprender cómo la ingeniería española no solo transformó el entorno físico, sino que también dejó una marca indeleble en la cultura, la economía y el desarrollo de estas regiones.

Al recorrer esta exposición, es imposible no sentir asombro y admiración por la creatividad, el ingenio y la destreza técnica de aquellos que desafiaron lo desconocido y enfrentaron retos monumentales. Espero que esta exposición sirva como una fuente de inspiración y reflexión, invitando a todos los visitantes a contemplar nuestro pasado compartido con un renovado sentido de aprecio y respeto por la diversidad de las contribuciones culturales y técnicas que han dado forma a nuestro mundo.

En nombre de todos los involucrados, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a las instituciones filipinas y españolas que han cedido sus piezas y a los equipos que han trabajado para hacer realidad esta muestra única. Esta adaptación de la exposición que tuvo lugar en el Archivo General de Indias y que ahora llega a Filipinas, es el resultado de un esfuerzo colaborativo que ha permitido reunir una colección de artefactos y documentos históricos que ilustran la laboriosa labor de los ingenieros de la monarquía hispánica en América y Filipinas.

Que esta exposición sea un recordatorio perdurable de la importancia de preservar y valorar nuestro patrimonio histórico y cultural, y que inspire a las generaciones presentes y futuras a seguir explorando, aprendiendo y colaborando en la búsqueda de un futuro común de comprensión y cooperación.

**MIGUEL UTRAY DELGADO
EMBAJADOR DE ESPAÑA EN FILIPINAS**

Este año la Orden de San Agustín, dependiente de la Provincia del Santísimo Nombre de Jesús de Filipinas, celebrará el 420 Aniversario de la finalización de la construcción de la Iglesia de San Agustín (1604-2024). San Agustín es, sin duda, el principal y mejor ejemplo de la ingeniería española en el país. Es muy oportuno que la Embajada de España haya elegido inaugurar la exposición "Cuatro siglos de ingeniería española en ultramar (XVI-XIX)" aquí, en el Museo San Agustín. Nos sentimos muy honrados con esta colaboración.

**RVDO. P. RICKY VILLAR, OSA
DIRECTOR MUSEO SAN AGUSTIN**

Tras la llegada de los españoles al Nuevo Mundo, desde distintos núcleos de expansión iniciados en las Antillas se fueron explorando las costas y las tierras interiores en un avance que, a finales del siglo XVI, había cubierto casi todo el continente americano y se había extendido hasta las islas Filipinas, puente de relación con los países de Asia. En este avance se iba produciendo la "construcción del territorio", en la que infraestructuras europeas se fundían con admirables antecedentes prehispánicos en la creación de los servicios necesarios para que el explorador y conquistador se convirtiera en colono y poblador de las nuevas tierras. La mayor parte de la red urbana de América se había establecido ya al final de la centuria siguiendo en las principales poblaciones un modelo regular característico, la cuadrícula, y la ciudad se había constituido en el núcleo fundamental para el establecimiento de todo tipo de relaciones, que a lo largo del tiempo llevó a la implantación de las más importantes infraestructuras: hidráulicas de abastecimiento agrícola, urbano e industrial (tanto mineras como de cualquier otra actividad económica); de comunicaciones marítimas, terrestres y fluviales; de sistemas para protección de costas contra embates de la naturaleza y otros para defensa de puertos y ciudades de los ataques de la piratería... todo lo que, en definitiva, constituye la base de la ordenación del territorio para facilitar la vida en las nuevas provincias.

En estos procesos, que se desarrollaron a lo largo de más de tres siglos en los territorios continentales de América y cuatro en las islas Filipinas y las Antillas mayores, los ingenieros militares, primero sin adscripción a un conjunto o sistema organizado (siglos XVI-XVII), luego dentro del Cuerpo de Ingenieros (siglos XVIII-XIX), actuaron al servicio de la Administración en labores propias del ejército, principalmente en las obras de defensa y en las instalaciones industriales vinculadas al mismo. Pero, principalmente a partir del siglo XVIII, también participaron en numerosas e importantes obras públicas como técnicos de la corona. A su amplia actividad se sumaron luego los ingenieros civiles (1799 _ siglo XIX).

La presente muestra es una adaptación de la exposición "Cuatro siglos de ingeniería española en Ultramar. Siglos XVI-XIX" que se celebró en el Archivo General de Indias de Sevilla en 2018, enriquecida ahora con nuevas piezas relativas al archipiélago filipino. Los objetivos continúan siendo los mismos: exponer de modo transversal, la totalidad o la mayor parte de las ramas de ingeniería y su evolución en América y Filipinas desde el siglo XVI al XIX; destacar el protagonismo de los ingenieros al servicio de la corona española en la ordenación del territorio, adaptando las técnicas europeas al nuevo medio y al sustrato prehispánico; y resaltar la existencia de un inmenso patrimonio documental y cartográfico producido por los ingenieros y custodiado en los archivos, fuente básica a su vez para el estudio de la historia de este colectivo en España y Ultramar.

María Antonia Colomar Albajar

Comisaria de la exposición, ex subdirectora del Archivo General de Indias

Ignacio Sánchez de Mora y Andrés

Comisario de la exposición, presidente de la federación Conocimiento e Ingeniería de España, CÍES.

AGRADECIMIENTOS

Ministerio de Cultura

Augustinian Province of the Most Holy Name of Jesus of the Philippines

Mel V. Velarde

Asociación Empresarial de Ingenieros Consultores de Andalucía

Alfredo Roca Pérez

INTRODUCCIÓN

La ingeniería consiste en aplicar el conocimiento para : abastecer de agua a las personas, cultivar campos, ordenar el territorio, comunicarlo, defenderlo, mejorar los procesos industriales, transformar materias primas, transportar bienes y mercancías, evitar catástrofes naturales, armonizar el crecimiento de las ciudades con el medio ambiente e innovar.

Estas son actividades esenciales y definitivas para el desarrollo humano y el progreso de la economía; actividades que los ingenieros ejercen, desde hace siglos, de manera discreta y anónima. A través de esta exposición, continuación de la celebrada en el Archivo General de Indias con motivo del tricentenario de las primeras Ordenanzas de ingenieros promulgadas en España en 1718, se pretende reconocer la labor de aquellos prohombres que emplearon sus conocimientos en mejorar la calidad de vida de los demás, diseñando infraestructuras y máquinas que transformaron la sociedad de su tiempo, dibujando el futuro.

Los proyectos, informes y trabajos desarrollados por los ingenieros al servicio de la Corona española en las provincias de Ultramar y que las Instituciones aquí participantes custodian con celo, constituyen uno de los mayores patrimonios tecnológicos de la historia de la humanidad, dado que muy pocas naciones en el mundo diseñaron un continente y un archipiélago. Se presenta, por consiguiente, una obra enorme en el territorio: América y Filipinas y en el periodo temporal: Siglos XVI-XIX.

Agradecemos enormemente la hospitalidad de los Padres Agustinos, al albergar la muestra en este magnífico claustro del Convento de San Agustín del siglo XVI, patrimonio de la humanidad de la UNESCO, en el que el visitante recorrerá ocho ámbitos, con el propósito de aportarle una visión completa de la historia de los ingenieros y de las diferentes ramas que existían en la época de estudio. Así, empezando por su legado militar y civil, recorreremos el urbanismo y la ordenación del territorio, las obras hidráulicas, las comunicaciones, la minería, la industria, los puertos y las fortificaciones para terminar con la ingeniería naval.

A la ingente labor de los ingenieros debe añadirse la meritoria intervención de las órdenes religiosas en numerosas obras públicas a lo largo de estos siglos, especialmente en la ingeniería hidráulica, en la que destacan frailes agustinos como Fray Diego de Chávez y Alvarado en el saneamiento de la laguna de Yuririapúndaro, en México o en edificios públicos como la Alcaicería de San Fernando de Manila, diseñada por el fraile agustino, fray Lucas de Jesús María, como estancia de los sangleyes que llegaban de China para el comercio anual.

Esperemos que este viaje cautivo al joven a estudiar ingeniería, genere en el adulto consideración y respeto por su valor como pilar básico del bienestar social e inspire al investigador a abrir nuevas vías de estudio en la apasionante y rica historia que compartimos Filipinas y España.





1. EL LEGADO DE LOS INGENIEROS EN AMÉRICA Y FILIPINAS

La organización del imperio español se forjó en el siglo XVI. La mayor parte de la red urbana de las provincias españolas de Ultramar se había establecido ya al final de la centuria, constituyéndose la ciudad en elemento fundamental de un entramado de relaciones administrativas, políticas, económicas, culturales, defensivas, etc. que llevó a la implantación de infraestructuras hidráulicas de abastecimiento agrícola, urbano e industrial, de comunicaciones terrestres, fluviales y navales, de sistemas para protección de costas y defensas de puertos y ciudades, todo lo que, en definitiva, constituye la base de la ordenación o construcción del territorio.

En estos procesos, los ingenieros militares actuaron al servicio de la Administración en labores castrenses, principalmente en las obras de fortificación y en las de instalaciones industriales vinculadas al ejército. Pero también trabajaron en obras civiles como técnicos de la Corona: en los siglos XVI y XVII sin adscripción a ninguna entidad orgánica; en los siglos XVIII y XIX, dentro del Cuerpo de Ingenieros militares fundado en 1711 y, a partir de 1799, también como ingenieros civiles, apoyando eficazmente la política de fomento de la Monarquía, con intervenciones en obras públicas e infraestructuras y construcciones civiles.

Cristóbal de Rojas (1555 - 1614)



Próspero de Verboom (1665 - 1744)

Los ingenieros militares de la Corona, los pioneros. Siglos XVI-XVII

En los siglos XVI y XVII, con los Austrias, los ingenieros militares del Estado fueron los responsables de la defensa del imperio. En Ultramar, a causa de la piratería, tuvieron que ocuparse principalmente de la fortificación de aquellas ciudades y puertos depositarios del oro y la plata de los virreinos de México y Perú como terminales de la Flota de Nueva España y los Galeones de Tierra Firme, respectivamente. Ingenieros extranjeros al servicio de la Corona española y otros autóctonos llevaron a cabo el plan estratégico de la defensa del Caribe y Golfo de México, así como de los puertos del Pacífico.

Para suplir el déficit de oficiales ingenieros españoles en sus ejércitos, Felipe II propició la fundación por Tiburcio Spannocchi de la Academia de Matemáticas y Arquitectura militar de Madrid en 1582, en la que Cristóbal de Rojas impartió clases. Sin embargo y no obstante su reducido número en América, los ingenieros militares actuaron incidentalmente en obras de tipo civil junto a arquitectos, maestros de obras, militares no ingenieros, matemáticos o cosmógrafos con formación y conocimientos científicos.

El Cuerpo de Ingenieros militares. Siglos XVIII-XIX

La política ilustrada de la dinastía de los Borbones se dirigirá a la defensa y seguridad de las posesiones ultramarinas y al fomento y explotación de los recursos económicos. En esta etapa los ingenieros militares se convierten en los puntales más importantes de la defensa y de las reformas, una vez unificados como cuerpo en 1711 por el ingeniero José Próspero de Verboom, ya que las Ordenanzas de 1718 no solo les confieren las funciones castrenses propias sino también muchas de las civiles de la época de reconocimiento e intervención territorial, en particular a través de obras públicas estructurales.

Otras Ordenanzas y normativas posteriores (1768, 1774, 1791, 1803) definen la evolución del Cuerpo, su división en tres ramas (1774), su reunificación con el general de ingenieros José de Urrutia y de las Casas (1791), o su relación con el arma de Artillería; también la formación de los ingenieros en las Academias de Matemáticas de Barcelona (1720), Orán (1732) y Ceuta (1742); el sistema de acceso por examen, previa adquisición de los conocimientos requeridos; la promoción por méritos en un escalafón con los siguientes grados: de ingeniero general, ingeniero director, ingeniero en jefe, ingeniero en segunda, ingeniero ordinario, ingeniero extraordinario, delineador, ayudante y, fuera de estructura, ingeniero voluntario; también se ocupan del desarrollo de su cartografía e incluso de temas como su uniforme.

Agustín de Betancourt y Molina (1758 - 1824).



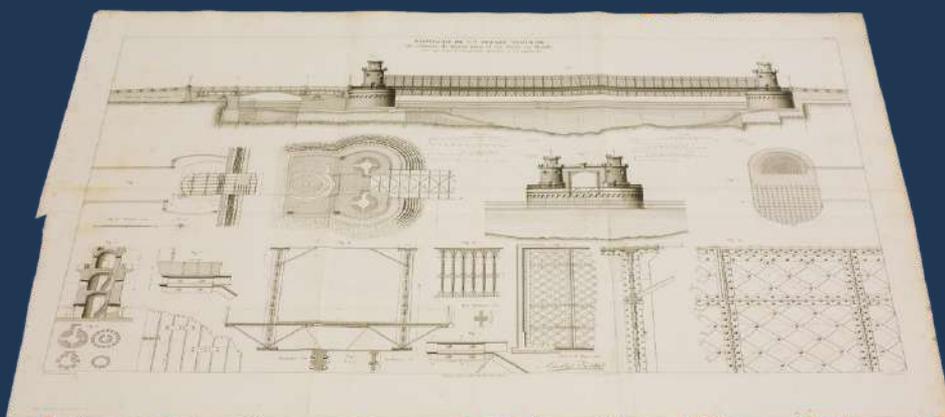
José de Urrutia y de las Casas (1739 - 1803)

Los ingenieros civiles, revoluciones técnicas, siglo XIX

La ingeniería civil se desarrolla como bifurcación de la militar, al no poder atender ésta todos sus compromisos en las obras públicas. El nacimiento formal de la ingeniería civil española se produce en 1799 con la creación del Cuerpo de Ingenieros de la Inspección General de Caminos que completa y amplía las atribuciones de la Dirección General de Caminos de 1785.

En 1802, Agustín de Betancourt y Molina funda la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales de Madrid, a semejanza de L'École Nationale des Ponts et Chaussées de París. En 1836 se publica el Reglamento del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, que incluye el de la Escuela, regulando su funcionamiento, la duración de los estudios y la estricta disciplina a la que debían someterse los alumnos. En el resto del siglo se produce la proliferación en sus diversas ramas.

Por su tardía creación, el ámbito de acción en Ultramar de los ingenieros civiles se reduce a las islas de Cuba, Puerto Rico y Filipinas, una vez independizados los territorios continentales. Sin embargo, son los ingenieros militares los que al principio prevalecen en las obras públicas pese a que la Ordenanza de 1803 limitaba sus funciones a las tareas castrenses.



Manual del ingeniero. Resumen de la mayor parte de los conocimientos elementales y de aplicación en las profesiones del ingeniero y arquitecto. Atlas de 103 láminas. J. Dumaine. París 1859, V. 2 Nicolás Valdés y Fernández, teniente coronel de ingenieros (1819 - vivo en 1867). Colección Daniel C. Zuellig, Manila, Filipinas.

2.CIUDAD Y TERRITORIO

En el proceso de colonización española de las provincias ultramarinas, moderado por sucesivas leyes para su administración, el conquistador se convierte en pacificador y poblador, se fija al suelo y funda ciudades, acción que refleja en el "Acta de fundación" que, con la traza de la nueva población inserta, se convierte en el símbolo del asentamiento y de la colonización del territorio en las nuevas tierras.

Las ciudades son desde un principio los centros neurálgicos de todas las divisiones administrativas y sedes de los organismos civiles y eclesiásticos. Su papel es el de ordenar el territorio de acuerdo con sus funciones urbanísticas bien como base de aprovisionamiento y factoría comercial de intercambio, cabeza de puente para penetraciones más profundas, eslabón de una amplia cadena de fundaciones, elemento de control y fijación de la población indígena, en fin, foco de dominio de la propiedad del suelo. La materialización de estas atribuciones se refleja en las formas de organización espacial y las relaciones con el territorio circundante planificándose así mismo las principales infraestructuras, objeto de la ingeniería.

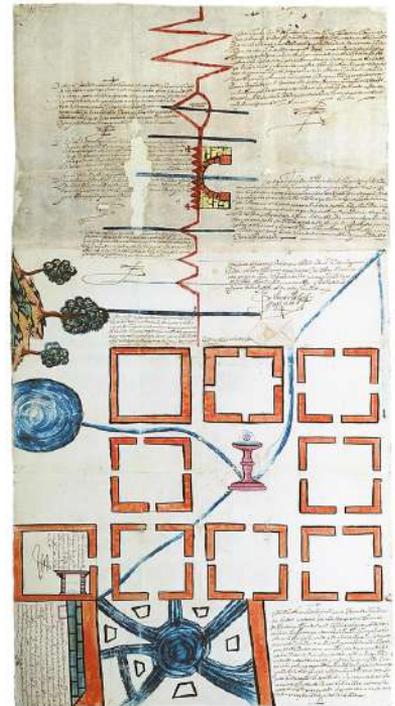




La ciudad en el proceso de construcción del territorio, siglos XVI-XVII

Las principales poblaciones de Ultramar se proyectaron según un modelo geométrico, a regla y cordel. Sin embargo, en evolución casi coetánea conviven ciudades irregulares -especialmente las mineras de crecimiento espontáneo-, semirregulares y regulares. En las poblaciones más importantes se impone este último modelo, con manzanas rectangulares o principalmente cuadradas, el "Modelo clásico de la ciudad hispanoamericana" en cuadrícula que parece se inicia en la segunda fundación de Guatemala y se consolida en la ciudad de Lima. Centrada o excéntrica, la plaza mayor constituye el núcleo de la vida de la ciudad donde se desempeñan las actividades de carácter militar, civil, religioso o mercantil y en ella se asientan los principales edificios civiles y eclesiásticos.

Esta estructura de la ciudad se vislumbra ya en la disposición del emperador Carlos V de 1523 aunque se modifica en las Ordenanzas de Felipe II de 1573 cuando ya está establecida la red urbana. La tipología de las poblaciones puede establecerse asimismo en función de otros parámetros como su localización (marítimas como La Habana o Manila, interiores como México) o su actividad predominante (comerciales, mineras, etc.). También hay ciudades mestizas (México, Cuzco y Quito), pueblos de indios o reducciones en cuya traza se evidencia un mayor desarrollo de los espacios religiosos. Estas tipologías determinan las infraestructuras preponderantes en cada caso.



Proyecto de la nueva ciudad de Veracruz, proyectada en el solar de las Ventas de Buitrón, y en el camino de allí a México. 28 de febrero de 1590. Pedro Ochoa de Leguizamo, ingeniero (segunda mitad del siglo XVI - principios del XVII?). Reproducción facsimil.

Ilustración y ciudad, siglo XVIII

Como efecto de las políticas de la Ilustración, que llegan a España con la dinastía de los Borbones, se produce un nuevo impulso urbanístico derivado del crecimiento colonial y el aumento demográfico. A partir de las primeras Ordenanzas de Intendentes dadas para Cuba en 1764, como reflejo de las de 1718 y 1749 para España, los intendentes asumirán progresivamente entre otras, las siguientes funciones urbanísticas, así como la renovación de la cartografía que se evidencia en la carta hidrográfica del jesuíta Pedro Murillo Velarde:

- Modernización de las ciudades con infraestructuras de abastecimiento de agua, comunicaciones, saneamiento, iluminación de calles, prevención de catástrofes, etc.
- Embellecimiento del paisaje urbano mediante la construcción de importantes edificios, adorno de calles y plazas con monumentos y fuentes y creación de espacios verdes como parques, alamedas y jardines botánicos y la mejora del espacio público modificando trazados inadecuados.
- Buen orden y organización de las ciudades, con su división en "cuarteles" y barrios y sus "Ordenanzas" y la normativa de limpieza de calles y fachadas.
- Nuevo impulso fundacional para reforzar y defender las fronteras y ensanchar los límites de las provincias, con la colonización o repoblación de áreas marginales y refundar ciudades destruidas como Guatemala y Concepción de Chile.



Composición gráfica basada en la "Carta Hidrográfica y Corográfica de Filipinas".





Composición gráfica basada en la "Carta Hidrográfica y Corográfica de Filipinas".



3. OBRAS HIDRÁULICAS

Los españoles llevaron a América un importante bagaje relacionado con las infraestructuras hidráulicas, pero en muchos casos debieron adaptarlas al medio y a las de las culturas residentes, tan desarrolladas en algunos aspectos que causaron admiración en las huestes españolas. Destaca el alto nivel técnico de los aztecas en las técnicas implementadas para abastecimiento de agua, producción agrícola en chinampas o para saneamiento y protección ante catástrofes (Tenochtitlan), así como las de los incas en sus cultivos en camellones o caballones y en terrazas.

Existió una ingeniería mixta en la que se aplican instrumentos europeos, especialmente en el origen del acueducto, con norias y azudes, pero también se utilizan técnicas indígenas en otras obras como canales de suministro. Los elementos de la ingeniería hidráulica se aplican también a la ingeniería industrial, incluyendo en ella los trabajos de minería.

Plano de el terreno comarcéndido entre la Ciudad de Santiago de Chile y el Rio de Maipo con el proyecto de un Canal para conducir Agua desde dho Rio à el de Mapocho de esta Ciudad. Año de 1800.



Terreno entre la ciudad de Santiago de Chile y el río de Maipo, con el proyecto del Canal de Maipo o San Carlos desde dicho río al de Mapocho, de esta ciudad. Santiago de Chile, 1 de agosto de 1800. Agustín Caballero, ingeniero (fl. 1796 - 1800).

Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 141.

Regadíos, el paisaje productivo

En época virreinal para regar los campos situados a niveles más altos que el agua fluyente, se utilizaron técnicas europeas: los azudes o ruedas de riego (ñoras de Murcia); las norias que servían tanto para regadíos como para usos industriales. En América, se utilizó un sistema más evolucionado de la noria, el malacate, que funcionaba sin engranaje y sufría menos roturas. Finalmente, el cigoñal, para abastecimiento doméstico y de pequeños huertos.

En México, captadas las aguas, se conducían a un gran depósito, embalse o jagüey, desde donde arrancaba el canal de reparto principal o apantle madre y los secundarios en una ordenada red de suministro. También siguieron utilizándose los canales y acueductos prehispánicos.

En el virreinato peruano no se construyeron generalmente grandes obras de ingeniería de riego, limitándose a reutilizar los españoles la red de acequias incaicas. Como excepción cabe citar el Canal de Maipo o de San Carlos, en Santiago de Chile (1743-1809), que trasvasaba las aguas del Río Maipo al Mapocho. Obra culminada por el ingeniero Agustín Caballero sirvió para riego y abastecimiento urbano.

En Trujillo, Perú, la acequia llamada "La Mochica" (S. XVI-XVII), que derivaba sus aguas del Río Moche, destinaba uno de sus ramales al riego.

Abastecimiento urbano, la dotación esencial

Las grandes obras públicas de abastecimiento urbano en América se realizaron ya en el siglo XVI cuando resurgió con el Renacimiento la idea clásica del agua como bien común.

El origen del suministro podía ser un manantial o un río y la ruta del agua seguía las etapas de captación, acueducto, cañerías de conducción y fuentes o caños de agua.

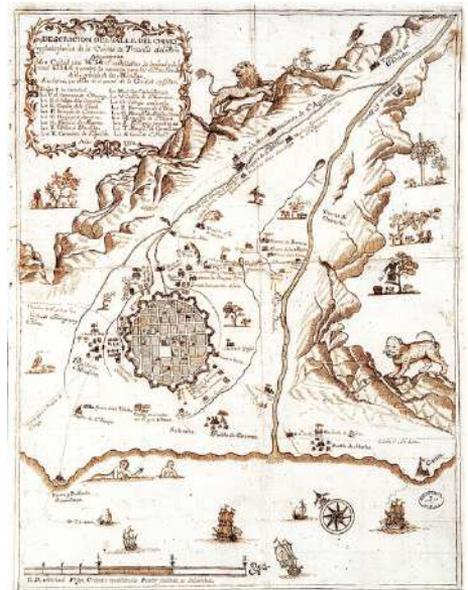
Para la captación en el caso de los ríos se requerían azudes (distintos a las ruedas de riego) y presas, éstas para el almacenamiento del agua como las de la Olla y los Santos, en Guanajuato, y San Ildefonso en Potosí.

Entre los acueductos sobresalen el de la Zanja Real de la Habana (S.XVI-XIX), el de Veracruz (S.XVIII-XIX), en México y los dos alternativos de Pínula y Mixco para la Nueva Guatemala (S.XVIII).

Mención especial merecen los acueductos de cantería de Nueva España, asombro de viajeros: Chapultepec, Santa Fe y Belén, en México capital, Cempoala (S.XVI) del Padre Francisco Tembleque y Querétaro, del Sitio (Xalpa, Cuautitlan) y Morelia, entre otros (S.XVIII).

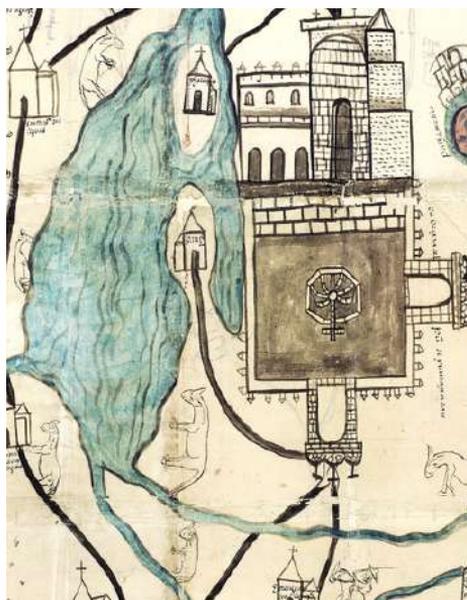
En América meridional destacan los ya citados de la Mochica, para Trujillo en Perú, y San Carlos para Santiago de Chile, así como el de Potosí, en Bolivia.

En Filipinas, ya en el siglo XIX, se lleva a cabo el abastecimiento de agua a la ciudad de Manila, por el ingeniero jefe de Obras Públicas Genaro Palacios Guerra.



Ciudad de Trujillo y Valle de Chimú en Perú con las conducciones de agua hasta dicha ciudad y su territorio. 1760. Miguel Feijóo de Sosa, corregidor de Trujillo (1718 - 1791). Reproducción facsimilar.

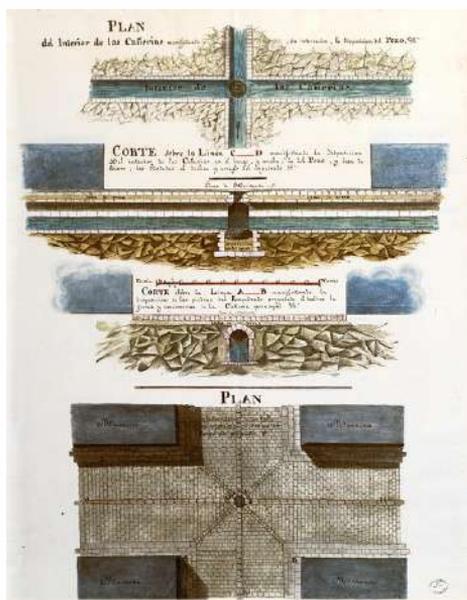
El pueblo de Yuririapúndaro, con la gran laguna saneada por Fray Diego de Chávez y Alvarado (OSA) mediante la canalización del río Lerma. 1580. Cristóbal de Vargas Valades [atribución] Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México,



Saneamiento, clave de la salubridad pública

El saneamiento es el conjunto de obras, técnicas y dispositivos encaminados a establecer, mejorar o mantener las condiciones sanitarias adecuadas. Desde la perspectiva de la ingeniería civil, en Ultramar se concretaron en la lucha para evitar enfermedades y epidemias, causa de la catástrofe demográfica, con medidas directas apoyadas en la legislación de las Ordenanzas de Intendentes:

- Creación de cementerios alejados del núcleo de las poblaciones.
- Pavimentación de calles. En el periodo ilustrado las principales ciudades coloniales acometieron tareas de pavimentación y empedrado: la Guaira, en Venezuela, Lima o La Habana, esta última con adoquines de granito de Boston.
- Servicios de limpieza contemplados en las Ordenanzas de los intendentes y de las propias ciudades.
- Saneamiento de terrenos pantanosos mediante drenaje con zanjas o canales de avenamiento o norias. También facilitando la circulación continua del agua, como en el caso del pueblo de Yuririapúndaro.
- Establecimiento de redes de alcantarillado, fenómeno muy tardío, excepción hecha de la ciudad de Santo Domingo, dotada de aquellas desde el siglo XVI.



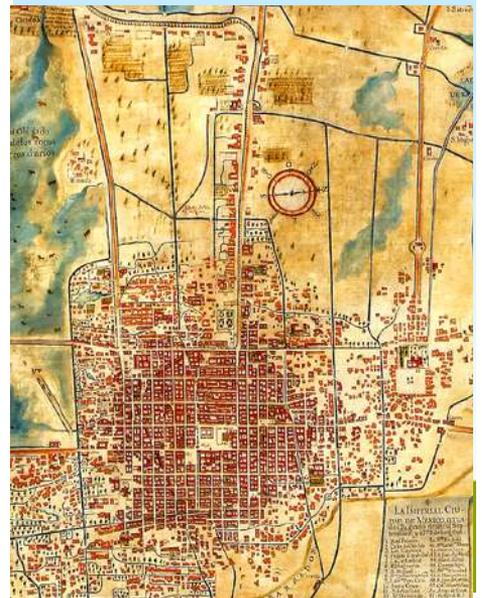
Plano y secciones del empedrado y alcantarillado de La Habana. 10 de julio de 1824. Arsène Lacarrière-Latour, arquitecto francés (1778 - 1837). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 745.

Inundaciones, la fuerza indómita del agua

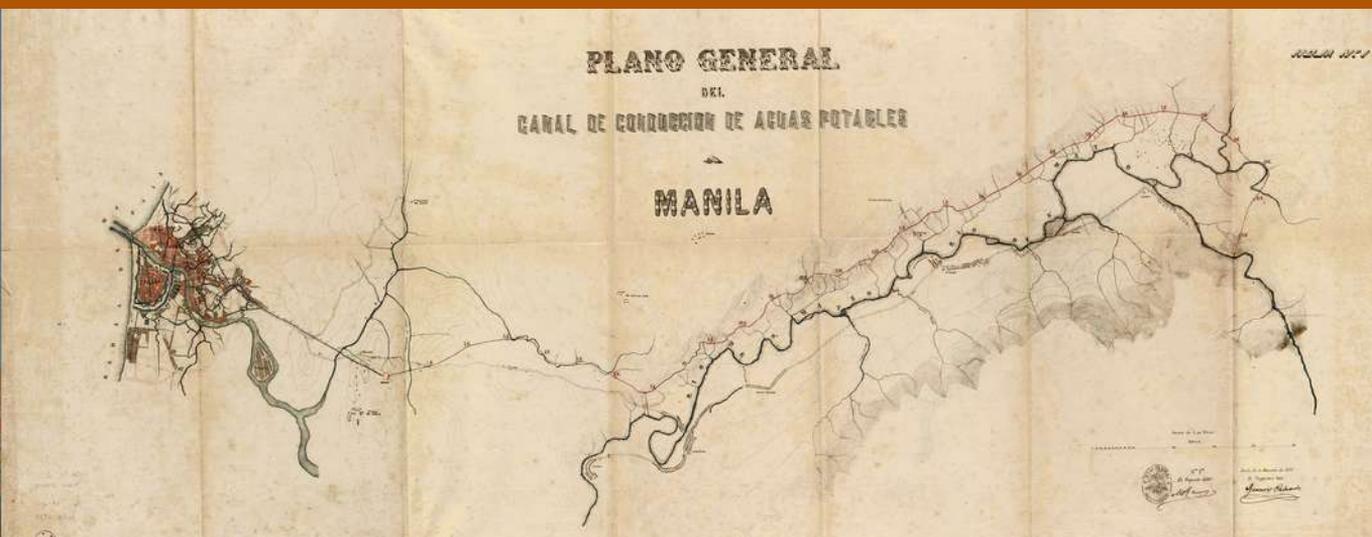
Desbordamientos e inundaciones se prevenían con tajamares o muros de encauzamiento y limpiezas de cauces. También con obras de desagüe, como el de la Laguna de México.

Este colosal proyecto de ingeniería hidráulica, el más importante de la época colonial, se desarrolló entre los siglos XVI y XIX. Consistió en el drenaje de la cuenca lacustre donde estaba asentada la ciudad de México-Tenochtitlan, sometida a graves y recurrentes inundaciones por colmatación de los lagos que la rodeaban (Zumpango, Xaltocán, San Cristóbal Ecatepec y Texcoco).

El proyecto de desagüe parcial de la cuenca, iniciado por Enrico Martínez en 1608, derivaba hacia el Atlántico las aguas de la laguna de Zumpango, cerca de Huehuetoca, por un canal en túnel y luego a cielo abierto. Después de múltiples avatares que incluían derrumbes del túnel y nuevas inundaciones, el drenaje de las tres primeras lagunas antes citadas se culminó a finales del siglo XVIII, quedando pendiente el de la laguna de Texcoco y el alcantarillado de la ciudad. Un proyecto de desagüe general se plantea en 1773, pero no se retoma hasta 1856 ya en época independiente.



Ciudad de México con las acequias, ríos, vertientes y desagües que en ella convergen y el proyecto para preservarla de las inundaciones. 1753. Domingo de Trespalacios y Escandón (1706 - 1777). Reproducción facsimilar. Real Academia de la Historia, Madrid, España. Cuadros - 36, N° 285.



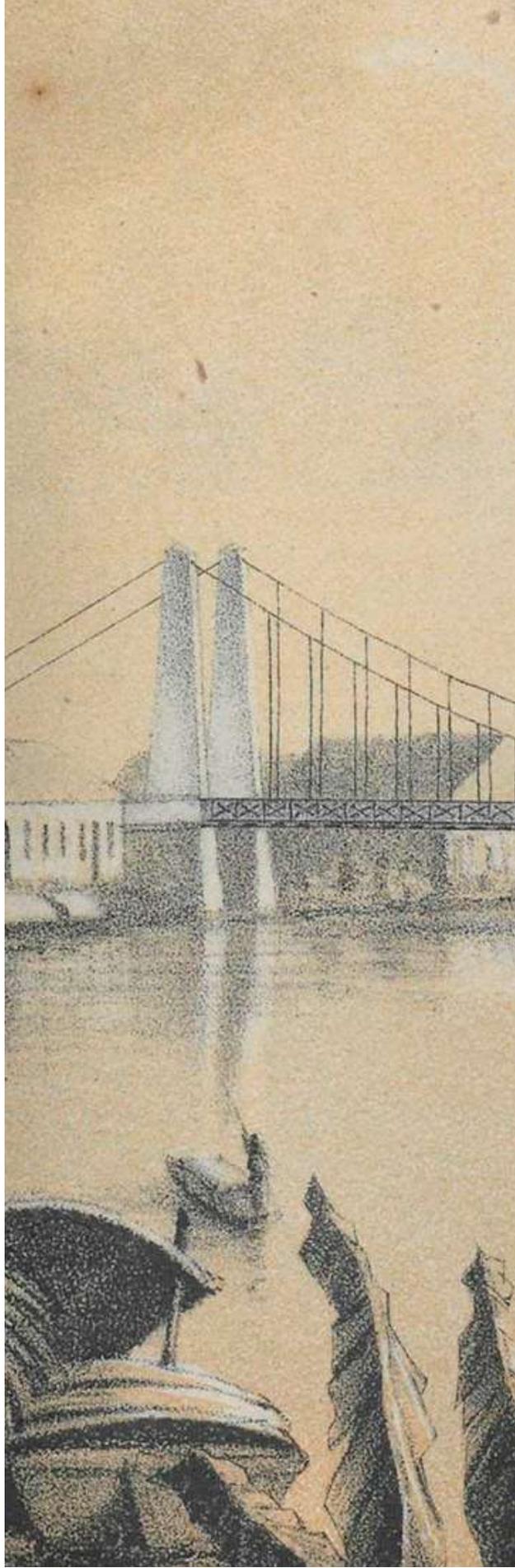
Plano de Manila y sus arrabales con el trazado de la conducción de aguas. 11 de noviembre de 1869. Genaro Palacios, ingeniero jefe de segunda clase, luego de primera, director de obras al servicio del Ayuntamiento de Manila (1839 - ?). Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 4537.

4. COMUNICACIONES: CAMINOS, PUENTES, CANALES DE NAVEGACIÓN

No obstante la admiración de los españoles por las calzadas aztecas de Tenochtitlan, México, y por la extensa red viaria de los incas, la mayoría de los caminos coloniales fueron de arria o herradura, transitados a pie, por animales de carga o por tamemes o cargadores. Los caminos carreteros eran menos frecuentes, ocupando a veces tramos parciales de una ruta. Los más importantes de la época colonial están relacionados con el transporte de la plata y las flotas de la Carrera de Indias.

Las mayores dificultades de los caminos se encontraban en el paso de los ríos, que solían ser caudalosos, con crecidas inesperadas y regímenes desiguales. La tipología de los puentes se adaptaba a la hidrografía, orografía, topografía y climatología del territorio, conviviendo técnicas prehispánicas y europeas en puentes de criznejas, de madera y de cal y canto.

La navegación por ríos y lagos fue habitual en la América española pues ofrecía una alternativa menos costosa y más eficaz al dificultoso transporte terrestre. De ahí los proyectos de abrir canales de navegación y transporte en Colombia (Canal del Dique), Cuba (Canal de Güines) y por la cintura ístmica del continente (Tehuantepec, Nicaragua y Panamá).





Los caminos, las arterias del territorio

Detalle del croquis itinerario del camino de Las Piñas a Calamba, trazado que parece coincidir con la actual autopista Asian Highway 26, importante eje de transporte en la isla.1897. Carlos de las Heras y Crespo, comandante de ingenieros (1860 - 1926).

Los principales caminos estuvieron relacionados con las rutas comerciales y económicas:

Nueva España

El camino de Tierra Adentro (México-Santa Fe) y el de los Virreyes (México-Veracruz) eran importantes vías de transporte de la plata de Zacatecas, Guanajuato y otras minas, que salía hacia la metrópoli en la flota de Nueva España desde el puerto de Veracruz. El camino de Asia o de la China (México-Acapulco) enlazaba con las Islas Filipinas a través de la Nao de Acapulco o Galeón de Manila.

Panamá

Por los caminos del istmo (Panamá-Nombre de Dios y luego Portobelo) se realizaba el transporte de la plata de Potosí, que se cargaba luego en los galeones de Tierra Firme. En el siglo XVIII esta ruta entra en crisis al realizarse la salida de la plata potosina por Buenos Aires.

Nuevo Reino de Granada

Las ásperas condiciones geográficas determinan que las principales comunicaciones se realicen por el Río de la Magdalena. En Ecuador de difíciles comunicaciones con las provincias vecinas, se pudo abrir la vía de Quito al mar a través del Río de las Esmeraldas. En Venezuela la salida de su producción de cacao se realiza por el camino de arria de la Guaira.

Los puentes, tierra sobre agua - Los puentes de Manila

En los modos de vadear los ríos, conviven técnicas prehispánicas con otras europeas formando a veces tipos mixtos:

- Transbordadores, andariveles, oroyas o tarabitas.

Son los sistemas más sencillos. Maromas tendidas entre las dos orillas de un río o canal. También las barcazas, barcas chatas, o balsas, utilizadas de modo provisional o definitivo.

- Puentes flotantes.

Tendidos sobre ríos de corrientes y caudales estables. Formados por barcas ancladas por sus extremos con un tablero de madera. Como variante surgieron los puentes móviles que permitían la navegación fluvial alterna. Cabe destacar el puente de barcas sobre el río Pasig en Manila, utilizado entre la destrucción parcial del Puente Grande (1863) y la construcción del Puente de España (1876).

- Puentes colgantes.

Con maromas de bejucos, son llamados puentes de criznejas o de hamacas. De origen inca, sobre corrientes muy rápidas y desiguales. Posteriormente, evolucionarán a la tecnología que emplea cables de acero.

- Puentes de madera.

Utilizados desde época prehispánica, son los puentes de troncos o vigas, muy frecuentes en Perú. Los más sencillos, fueron los puentes barbacoa apoyados sobre pilotes para terrenos blandos y pantanosos. En Filipinas se denominaban "pantalanes".

- Puentes de cantería.

Preferentemente urbanos, los más seguros eran los de cal y canto edificados con dovelas de piedra formando arcos. Requerían una cimbra para su construcción.

- Puentes de celosía metálica.

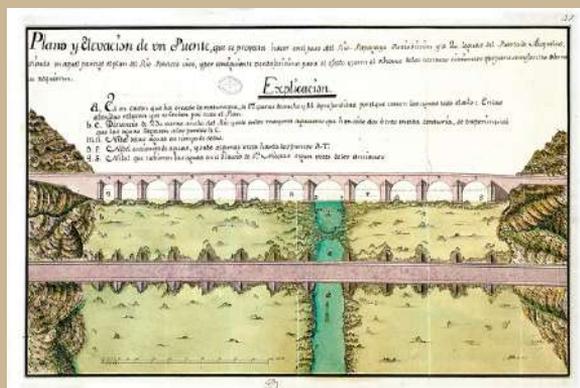
A partir del siglo XIX se convirtieron en la tipología preponderante para el ferrocarril.

- Puentes colgantes de tablero recto de tradición europea.

Con cables de acero o eslabones de hierro (distintos a los de criznejas prehispánicos y los de sogas de cuero coloniales).

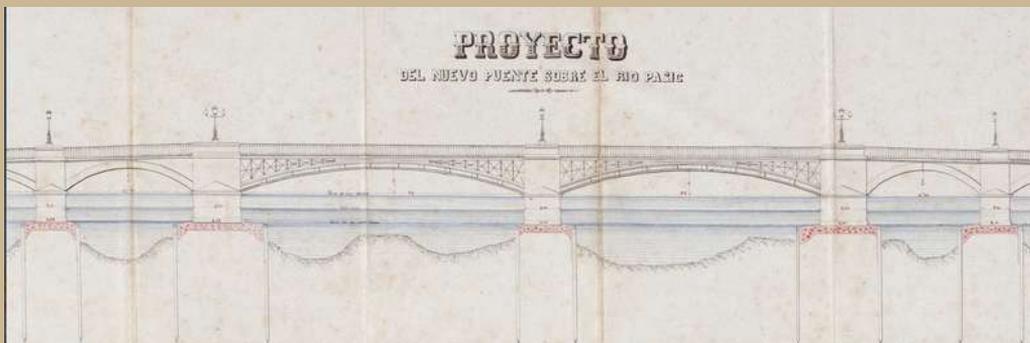
- Puentes de bóvedas rebajadas.

Algunos de esos tipos se ilustran en el álbum de los puentes de Manila que contiene imágenes de los existentes en el último tercio del siglo XIX.





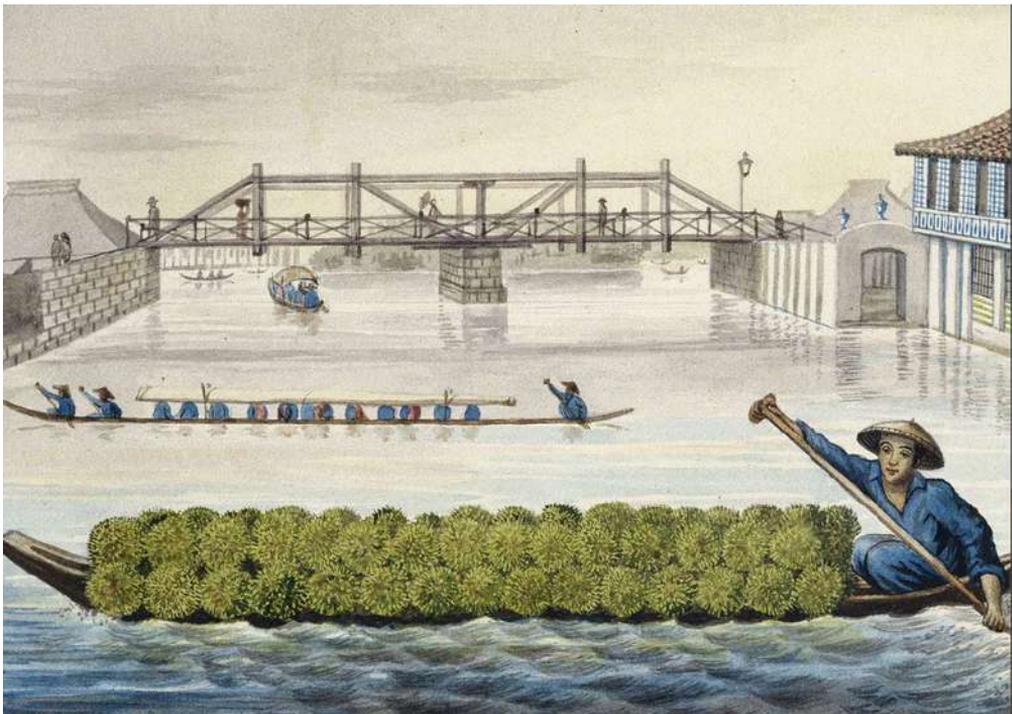
Puente de cantería de Manila construido entre 1626 y 1630 sobre el Río Pasig y parcialmente destruido por el terremoto de 1863.1847. José Honorato Lozano, pintor filipino (1821 - 1885). Reproducción facsimilar. Biblioteca Nacional, Madrid, España. DIB/15/84/4.



Diseño del vagón de primera y segunda clases de los tranvías de Manila. Madrid, 22 de abril de 1878. León Moussour. Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6464.



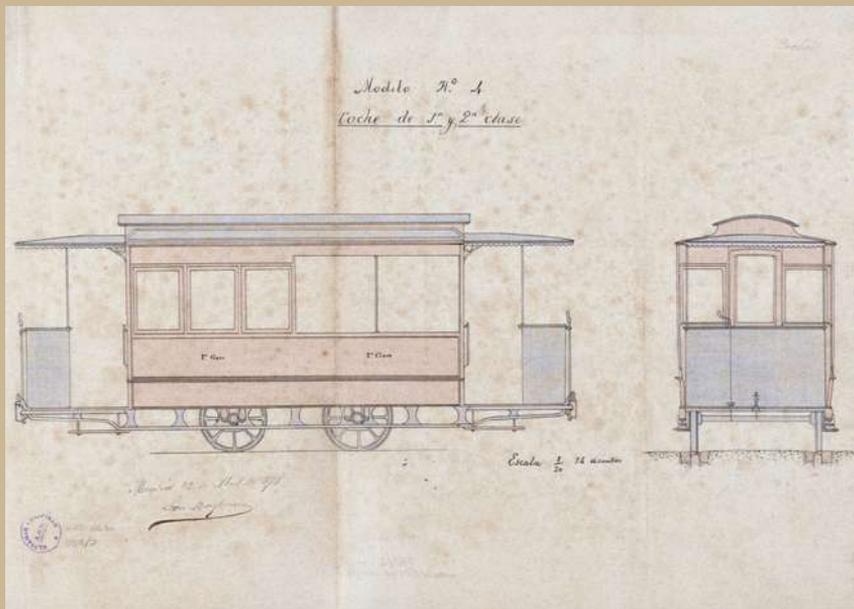
Ciudad de Manila con el trazado de la red de tranvías propuesta por León Moussour y constituida por cinco líneas de tracción a sangre, pasando a tracción de vapor una de ellas en 1882. Madrid, 22 de abril de 1878. León Moussour. Aprobado por el inspector general Manuel Ramírez Bazán. Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6460.



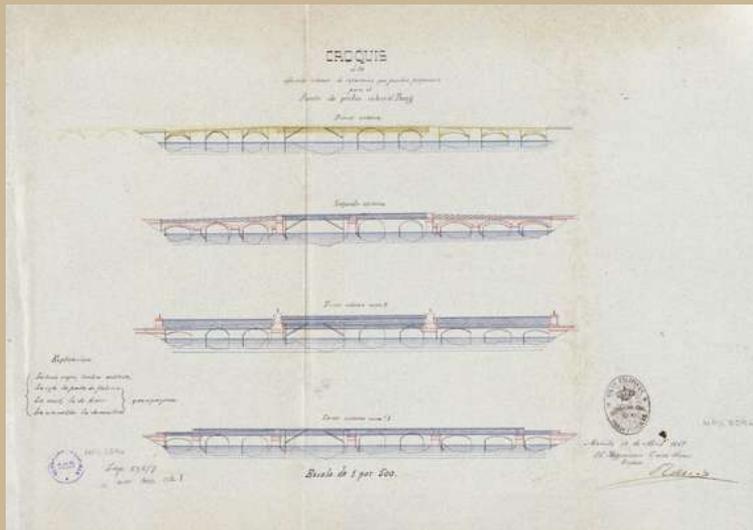
Puente de celosía de madera de dos tramos, llamado de Quinta, en San Miguel, extramuros de Manila. 1847. José Honorato Lozano, pintor filipino (1821 - 1885). Reproducción facsimilar. Biblioteca Nacional, Madrid, España. DIB/15/84/11.



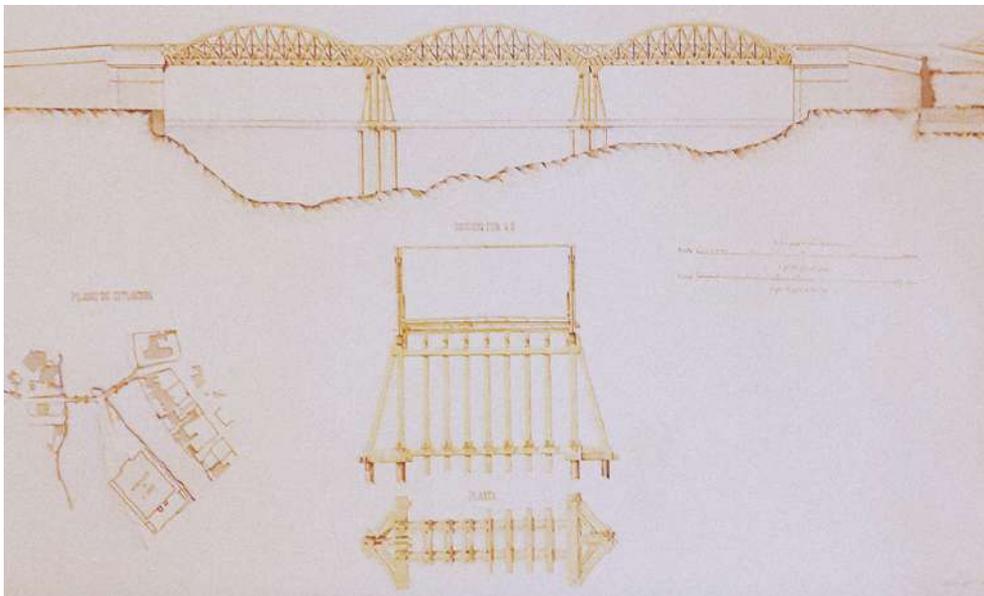
Vista del Puente colgante sobre el Río Pasig, tomada desde la Escolta. 15 de mayo de 1859. Baltasar Giraudier, litógrafo. Reproducción facsimilar. Biblioteca Nacional, Madrid, España. ER/2241 (8).



Diseño del vagón de primera y segunda clases de los tranvías de Manila. Madrid, 22 de abril de 1878. León Moussour. Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6464.



Sistemas propuestos para la reconstrucción del puente de piedra sobre el Río Pasig, hundido en su parte central por el terremoto de 1863. 12 de abril de 1867. Casto Olano Irizar, ingeniero de caminos (1834 - 1909). Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 5594.



Tramo de la Concepción del puente de madera de Ayala que, junto con otro tramo procedente del barrio de San Miguel, converge en la isla de la Convalecencia. 1876. Eduardo López Navarro, ingeniero de caminos, director del Puerto de Manila (1841-1919). Reproducción facsimilar. Biblioteca Universitaria UPM - ETSI Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España.

Los canales de navegación, las grandes vías de transporte

Unimplemented Projects:

- Güines and Batabanó Canal in Cuba.

Planned between Havana and Güines to boost the trade of wood, tobacco, and sugar. The project, proposed by Félix and Francisco Lemaur in 1796, was suspended when the first railway line of the Spanish administration was established in the area.

- Canal in the Isthmus of Tehuantepec.

Suggested in 1774 by engineer Agustín Crame in a report to Viceroy Antonio María de Bucareli.

- Nicaragua Interoceanic Canal.

A project considered as early as 1620 by the Flemish Diego de Mercado, it was discarded in the 1781 leveling plan by engineer Manuel Galisteo due to technical difficulties in resolving the elevation difference between the Pacific Ocean and Lake Nicaragua.

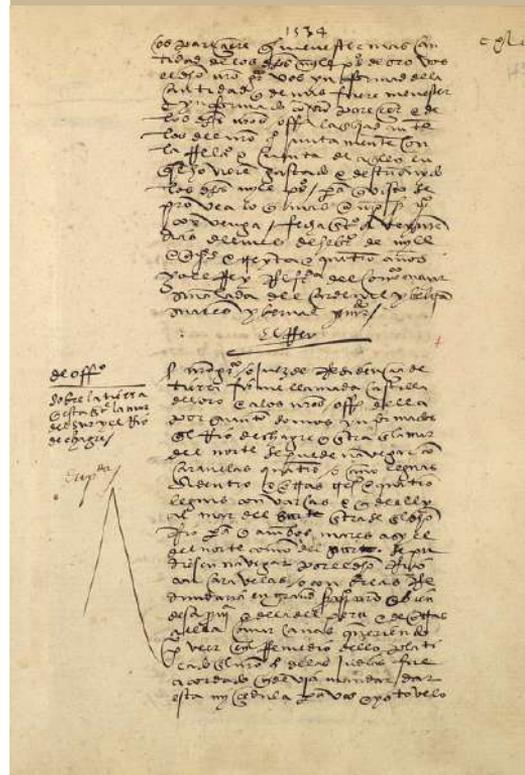
Completed projects:

- Panama Interoceanic Canal.

Originally proposed in the early 16th century according to imperial provisions by Emperor Charles in 1533-1534, the canal was not completed until the year 1914. This canal traversed the Panamanian isthmus through the Chagres River and the land strip between it and the Pacific Ocean.

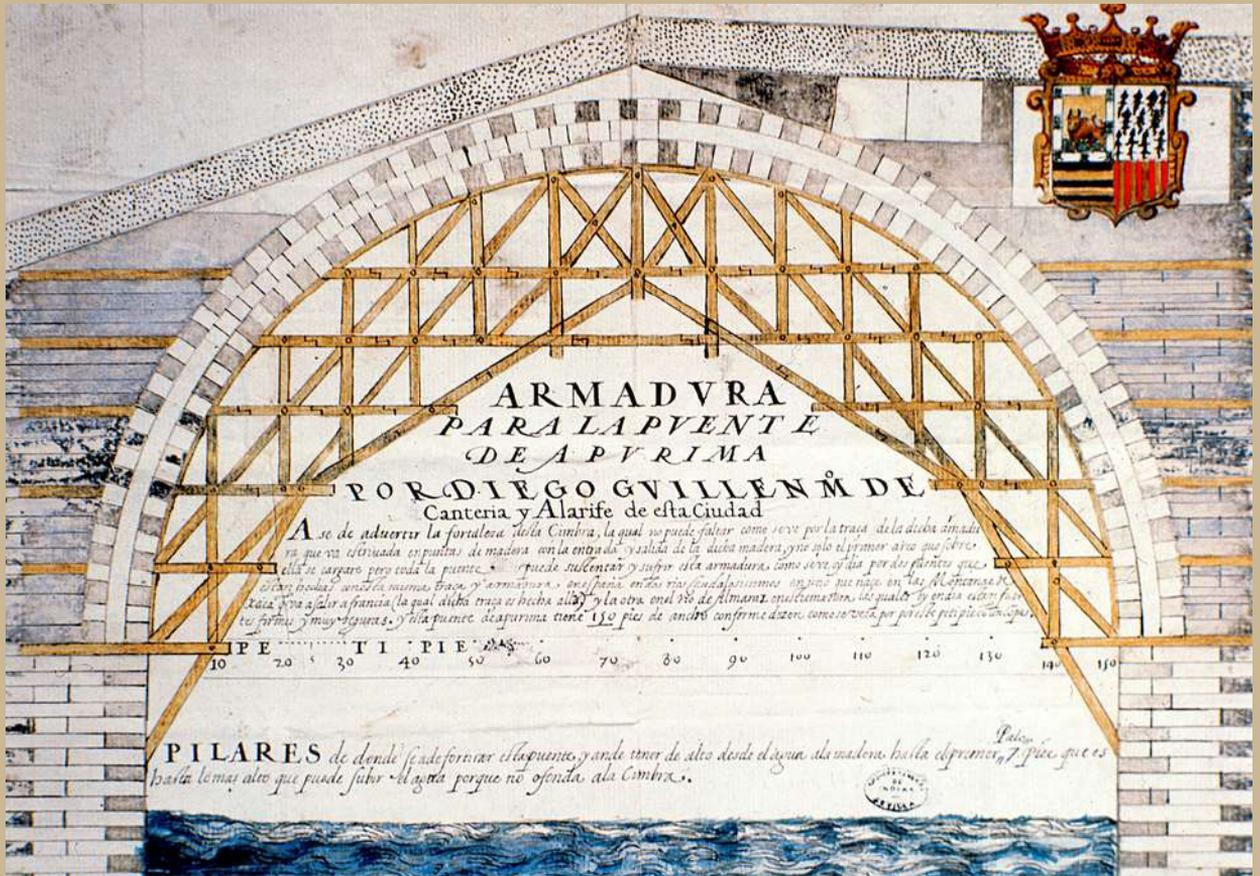
- Dique Canal, Colombia.

The project for a canal between the city of Cartagena and the Magdalena River to facilitate communication with the interior of the territory became a reality in 1650, thanks to the efforts of engineer Juan de Somovilla y Tejada, with subsequent restoration work by other engineers.



Orden del Rey Carlos I de España para que se estudie por personal técnico el terreno entre el Río de Chagres y el Mar del Sur (Océano Pacífico) y se investigue la posibilidad de abrir un canal entre ambos. Toledo, 20 de febrero de 1534.

Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. Panamá, 234, L.5, f.143 r-v.



Armadura para el puente de Apurímac.1619. Bernardo Florines, ingeniero y Diego Guillén, maestro albañil.Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile,

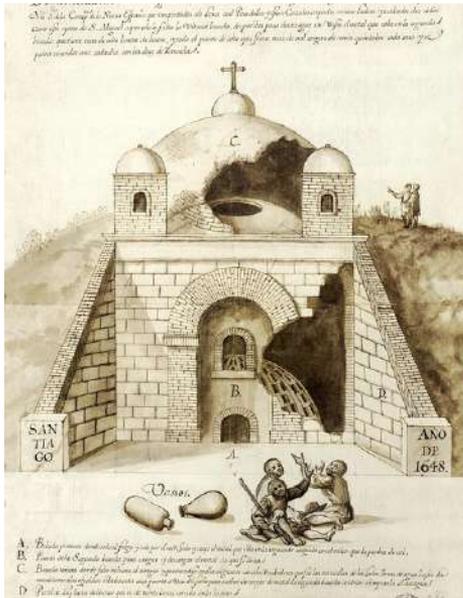


5.INGENIERÍA DE MINAS. LA SAVIA DEL IMPERIO

Uno de los motores de la expansión española por territorio americano fue la localización de los yacimientos de metales preciosos que impulsó la aparición de mitos como El Dorado. Antes de 1560 se habían alcanzado los principales centros mineros del continente: en oro, los de Carabaya, Chuquibo o de la Paz y Chayanta, y Zaruma en Ecuador. Por lo que se refiere a la plata, los de Taxco (1534), Zacatecas (1546), Guanajuato (1548-1558), Pachuca y Real del Monte (1552), en Nueva España; Porco y principalmente Potosí (1545), en la provincia de Charcas (Bolivia), y Castrovirreina (1555), en Perú, entre otras.

A partir de 1555, gracias a la experimentación del sevillano Bartolomé de Medina, la purificación de la plata se hará por el sistema de amalgamación, proceso en que es necesario el azogue o mercurio. Para la producción de la plata de Potosí se utilizará el azogue de la mina peruana de Huancavelica. En Nueva España el azogue procedente de las de Temascaltepec, Sierra de Pinos y Chilapa, no cubrirá las necesidades de la producción mexicana que deberá acudir a los periódicos envíos desde Almadén (Ciudad Real) y a los excepcionales desde Idrija (Eslovenia).

Santiago del Real de Minas azogue oven of Nuestra Señora de la concepcion, in Nueva España, ready to remove the metal without reverb glasses or pots. Santiago 1648. Facsimile reproduction. General Archive of the Indies, Seville, Spain. MP - Minas, 54.



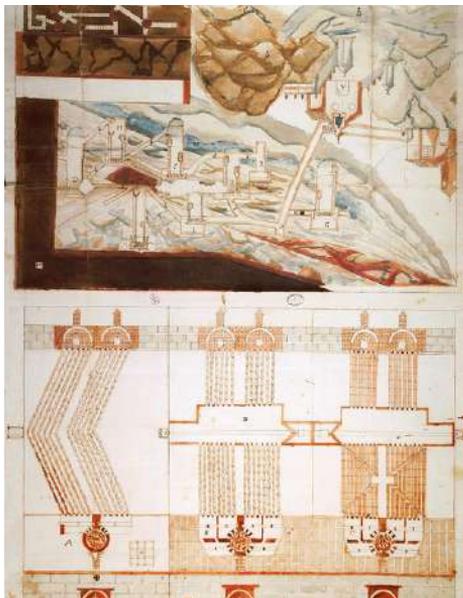
Extracción y metalurgia del azogue

La minería del azogue, como la de la plata, presenta carencias en su prospección y labores, con excavaciones a cielo abierto y tiros y socavones inclinados.

La extracción del material al exterior se realizaba mediante un ingenio denominado malacate. En el transporte interior la mecanización fue difícil por la irregularidad del trazado de túneles y galerías. En Almadén quedan todavía varios tipos de vagonetes de capacidades crecientes para el traslado del mineral.

Por lo que se refiere al desagüe de estas minas, en principio en las de Almadén se utilizaron tornos manuales que recogían el agua en zacas de piel. Los tornos fueron sustituidos por bombas y en 1805 por una máquina de vapor, la primera en la minería española, en construcción desde 1787 y operativa hasta 1878.

La producción del azogue tenía su propia técnica, que tuvo su camino de ida y vuelta entre España y América: los hornos de jabecas utilizados en Almadén a mediados del siglo XVI se introdujeron en Huancavelica en 1596, donde luego fueron sustituidos por los de reverbero, muy contaminantes. Para evitar su gran toxicidad, en 1633 Lope de Saavedra Barba, apodado "el Buscón" proyectó el llamado horno busconil u horno de aludeles, más rentable y libre de polución. En 1647 el mayordomo de las minas de Huancavelica Juan Alonso de Bustamante, introdujo estos hornos en Almadén con el nombre de hornos Bustamante. Al sistema empleado se le llamó "método Almadén".



Nuevo método de trabajo de las minas en el Perú, propuesta del sargento mayor Gaspar Sabugo, en el proceso de modernización de la extracción y refinación del metal y sistematización del trabajo en las minas subterráneas a finales del siglo XVII. 1790. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 121.

Explotación de metales preciosos y otros

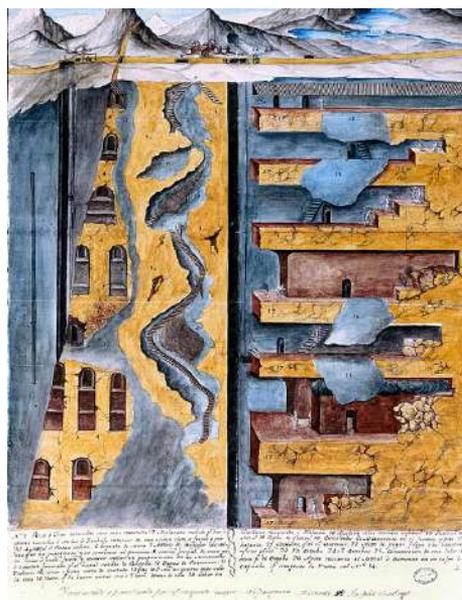
En general en la época colonial se utilizaron técnicas deficientes en la prospección y laboreo de las minas. En la excavación se seguía la veta desde su afloramiento con labores a cielo abierto o mediante socavones o tiros inclinados, labrando grandes bovedones sin proyectos de explotación ni de seguridad.

La irregularidad del trazado de túneles y galerías impidió por mucho tiempo la mecanización del transporte del mineral y del agua realizados mayoritariamente a hombros de operarios y luego con carretillas.

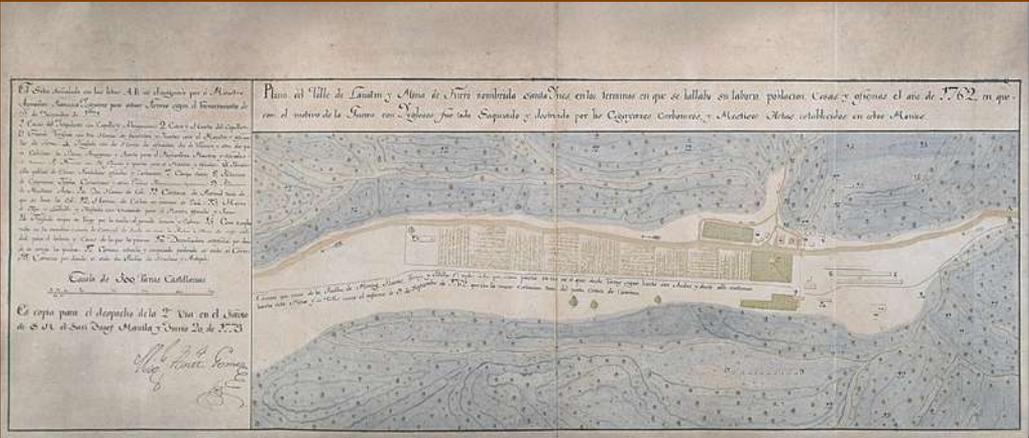
El achique del agua en cerros con vetas a gran altura podía realizarse con galerías de drenaje que desaguaban por gravedad. Donde esta solución era inviable, se podía acudir a diferentes tipos de máquinas de achique, de adopción tardía en Ultramar: tornos manuales escalonados, accionados por uno o dos hombres, predominantes hasta inicios del siglo XVIII norias movidas por bestias de tiro como en San Juan de Rayas, Guanajuato; malacates o cabrestantes, la gran conquista de la minería mexicana del siglo XVIII y finalmente, las máquinas de vapor que se utilizaron también para la extracción del material.

En la metalurgia de la plata inicialmente se utilizaron los hornos de fundición castellanos y de reverbero, en México, y las "guairas" indígenas peruanas; para aprovechar menas de escasa ley se generalizó el sistema de amalgamación (Bartolomé de Medina, 1555), perfeccionado luego con el nombre de beneficio de patio con el azogue como elemento básico de purificación.

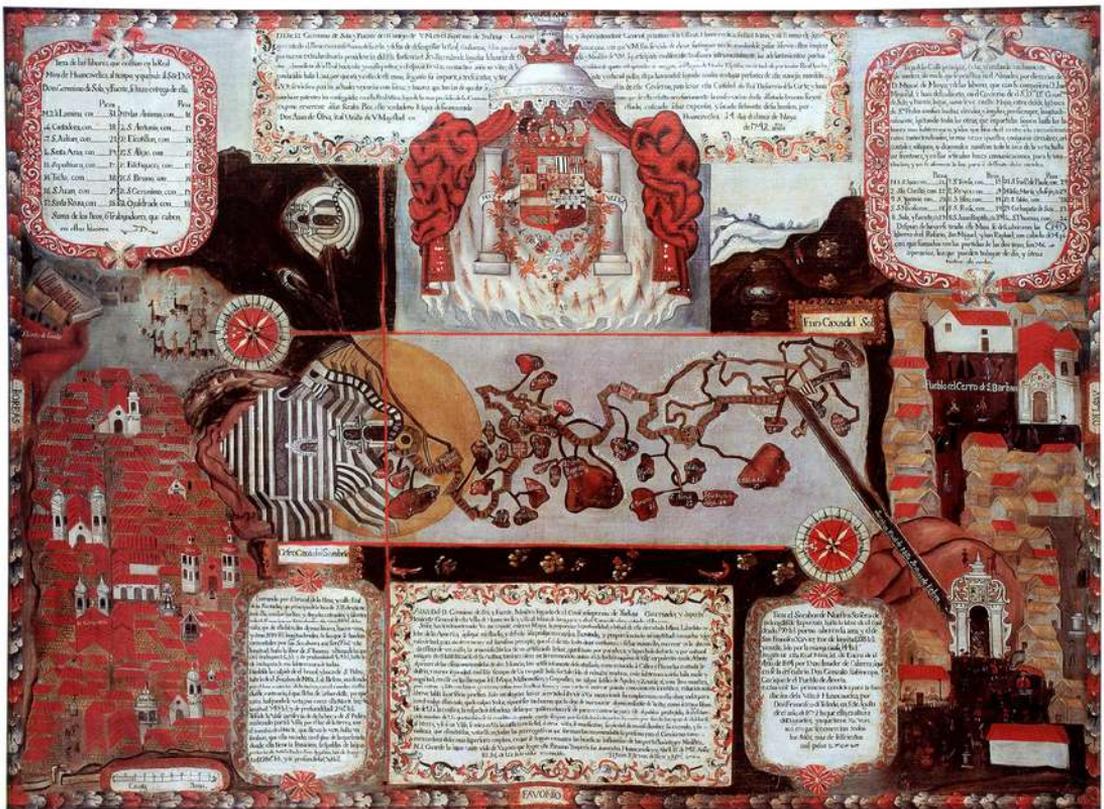
Mapa y cuadro geográfico general de las medidas de las minas denominadas Mellado, Saucedo y Quebradilla, en el Real de Guanajuato, sus bocas, postes y labores que demarca. 1704. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Minas, 102.



Nuevo método de trabajo de las minas en el Perú, propuesta del sargento mayor Gaspar Sabugo, en el proceso de modernización de la extracción y refinación del metal y sistematización del trabajo en las minas subterráneas a finales del siglo XVII. 1790. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 121.



Valle de Lanatin con la Mina de Hierro de Santa Inés en el estado en que se hallaban sus labores, población, casas y oficinas el año de 1762 en que fue destruida por una rebelión. Manila, 1773. Miguel Antonio Gómez, ingeniero (1731 - f.s. XVIII).



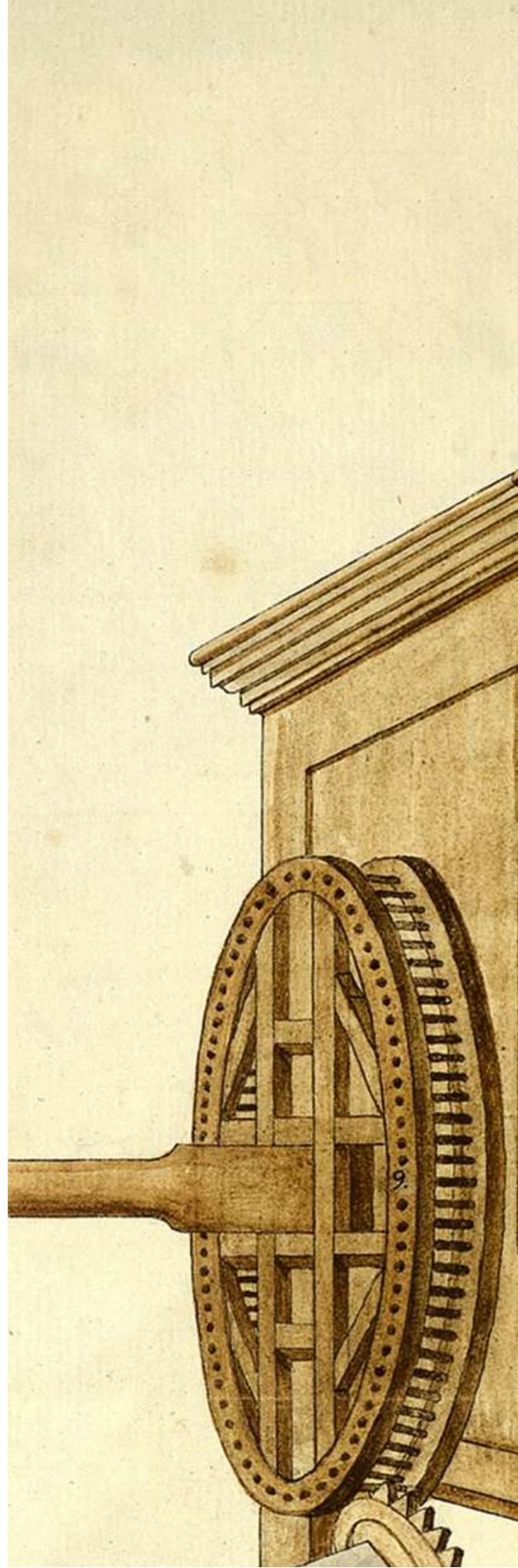
Análisis gráfico y planimétrico de la mina de azogue de Huancavelica en Perú. 1742. Esteban Oliva. Reproducción facsímil. Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA). Consejo de Administración de Roma, Madrid, España.

6.INGENIERÍA E INDUSTRIA

Las relaciones entre la ingeniería y la industria constituyen uno de los procesos de transferencia de conocimiento, de ida y vuelta, más relevantes para el desarrollo de la economía y la consolidación de las sociedades. Al igual que existió una pre-ingeniería, basada en el oficio y la experiencia, existió una pre-industria, fundamentada en la artesanía. Ambas evolucionaron, añadiendo base científica, desde la polivalencia a la especialización, hasta la disrupción que supusieron la academización de las enseñanzas técnicas y la revolución industrial.

Los nuevos territorios españoles, americanos y del área del Pacífico, se convirtieron en un laboratorio a gran escala en el que ensayar gran parte de los planteamientos teóricos y de las aplicaciones prácticas que en Europa se venían desarrollando desde el siglo XVI y que a partir del siglo XVII conocemos como la Revolución Científica. No obstante, en determinadas áreas habitadas por culturas precolombinas, estas aplicaciones se enriquecieron con el rico acervo de saberes locales.

Durante cuatro siglos se desarrollaron en Ultramar, invenciones, innovaciones y tecnologías que son resultado del constante intercambio de personas, productos, artefactos e ideas entre Europa y el Nuevo Mundo.

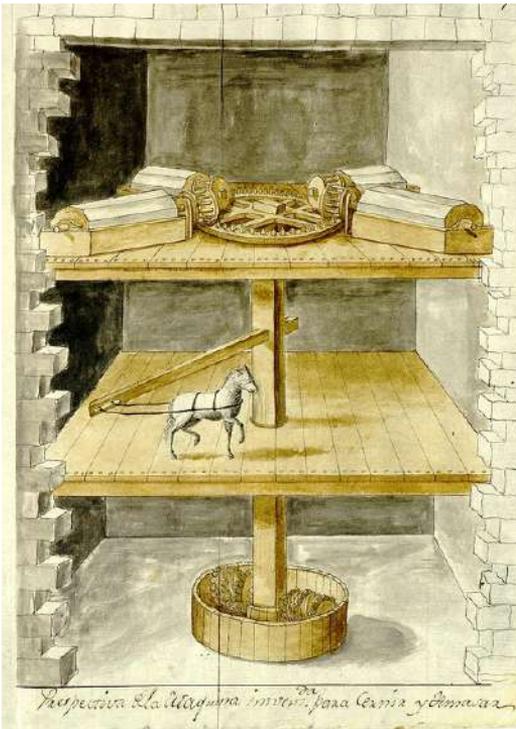
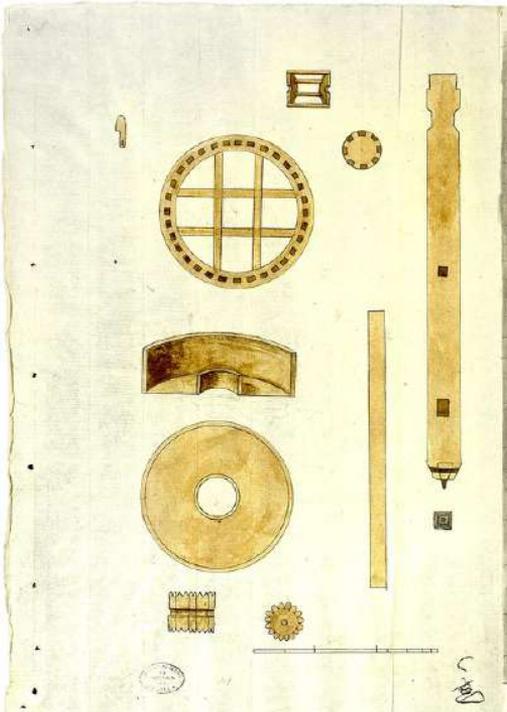


Moneda, tabaco, harina y pan

Moneda. La empresa colonizadora necesitaba minerales ricos, el oro y la plata, pero también lugares donde acuñar: las Casas de la Moneda o cecas. Así, bien pronto América contaría con sus primeras Casas de la Moneda en México (1535) y Santo Domingo (1536) al no ser suficientes las acuñaciones realizadas en las cecas españolas, como la realizada en la Casa de la Moneda de Sevilla (1505). A estas seguirían las de Lima (1565), La Plata (1573), Potosí (1574), Santa Fe de Bogotá (1626), Cartagena de Indias (1630), Cuzco (1697), Popayán (1729), Guatemala (1731), Santiago de Chile (1743) y Manila (1861).

Tabaco. Esta nueva "medicina" provocó un inusitado interés en Europa. La primera fábrica de tabaco del mundo se fundó en 1636 en Sevilla. En Ultramar el tabaco fue cultivado principalmente en la isla de La Española. Las fábricas más sobresalientes son la Real Factoría de la Habana en 1717 en Cuba, primera fábrica de tabacos de América, y la Real Fábrica de Puros y Cigarros de México (1769).

Harina y pan. El molino es la máquina por excelencia anterior a la revolución industrial. Los tipos molinarios españoles, rueda horizontal o rodezno, movidos por agua, animales o viento, se trasladan pronto a América, a mitad siglo XVI, donde se producirían invenciones autóctonas que permitirán ahorrar trabajo y aumentar la producción. La principal carencia del continente americano consistió en la ausencia de grandes animales de fuerza, domesticando para ello a la llama, la vicuña y la alpaca.



Perspectiva de la máquina para tamizar harina y amasar pan, inventada por Francisco Antonio de Horcasitas, en México. 1786. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 193.

Las fábricas en Filipinas: hierro, pólvora, papel, textil, tintes

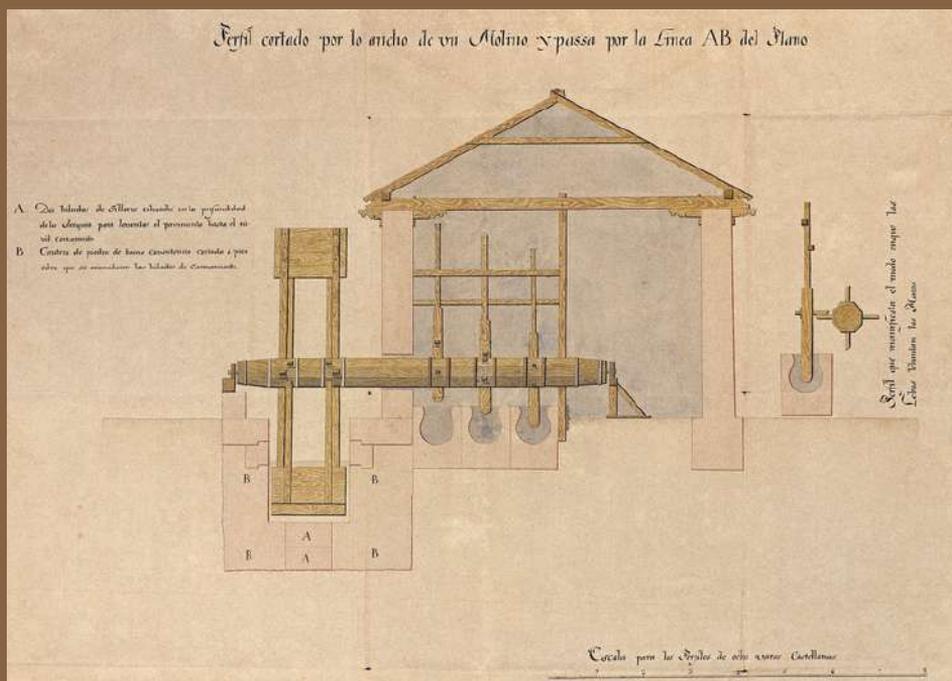
Desde finales del siglo XVIII y especialmente en el XIX, en los mercados internacionales hubo una intensificación del comercio de productos en los que era rico el archipiélago filipino lo que, especialmente en el último tercio del siglo XIX, constituyó un incentivo para las inversiones españolas y la creación de compañías y fábricas al amparo de la Ley de 1820, precedente de la de patentes.

Hierro. De menor interés que los metales preciosos, se utilizó en principio para herramientas y luego para la amalgamación. Con la revolución industrial del siglo XIX, la siderurgia se circunscribe a territorios no emancipados de Ultramar, como Filipinas, donde se realiza la fábrica de Tanay, en Rizal, según patrones constructivos occidentales, pero utilizada por la comunidad china.

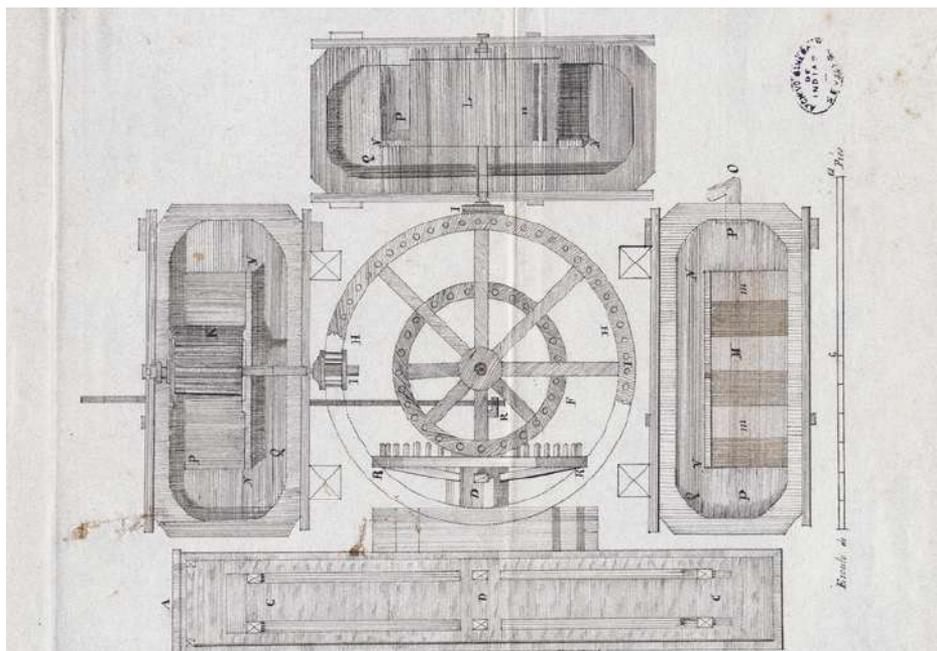
Pólvora. Por la dificultad en la obtención del salitre, componente de la pólvora, fueron frecuentes los envíos desde la Península a Ultramar. La fábrica de Villafeliche, en Aragón, con sus molinos hidráulicos, fue la principal productora y sirvió de modelo al resto, entre ellas, la de San Juan Bautista de Calambá, provincia de la Laguna de Bay (1773).

Papel y textiles: Las fábricas de Domingo Roxas y Ureta. El papel europeo de trapos era enviado asiduamente a Ultramar y se empleaba principalmente en documentos oficiales. En 1820, el industrial filipino Domingo Roxas y Ureta presenta para patente una máquina de fabricar papel con una tecnología avanzada y en la tradición industrial asiática, y una hiladora que supera las técnicas de los tornos de hilar, telares horizontales y batanes de los antiguos talleres textiles u "obrajes".

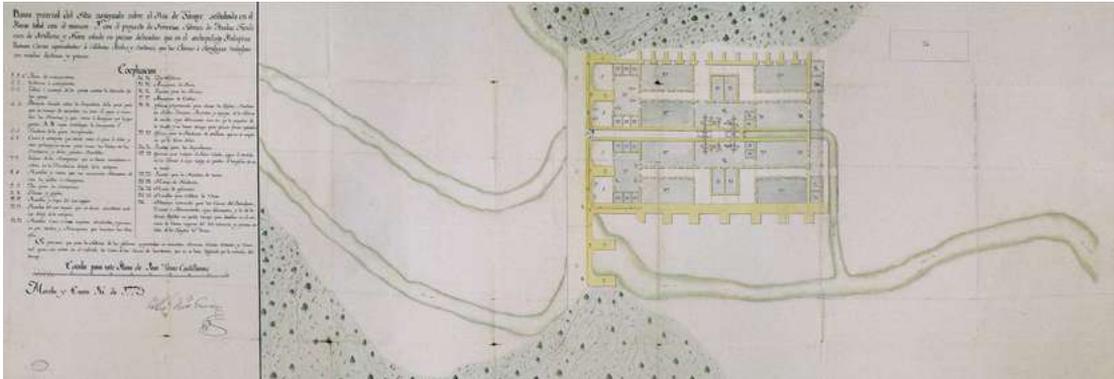
Los tintes: Achiote, grana, palo de tinte o palo de Campeche y añil son colorantes ultramarinos utilizados principalmente para uso textil. El comercio de los dos últimos provocó la competencia con los ingleses en Belice, al sur de Yucatán. En Filipinas en 1777, se concede a Francisco Javier Salgado, vecino de Manila, la explotación exclusiva del añil en su fábrica de la Laguna de Bay.



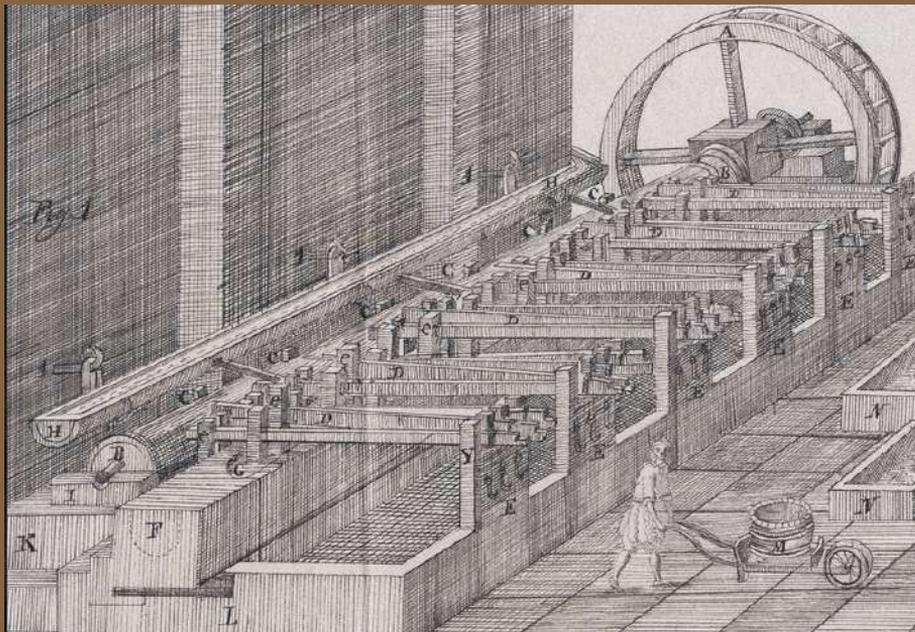
Molino de pólvora de la fábrica de la Estancia de San Juan Bautista de Calambá, provincia de la Laguna de Bay, proyectada según el modelo de Villafeliche de Zaragoza. Manila, 14 de enero de 1773. Miguel Antonio Gómez, ingeniero (1731- f.s. XVIII) y bajo la dirección de Juan Dionisio O'Kelly, ingeniero director (1732 - 1798). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 81BIS.



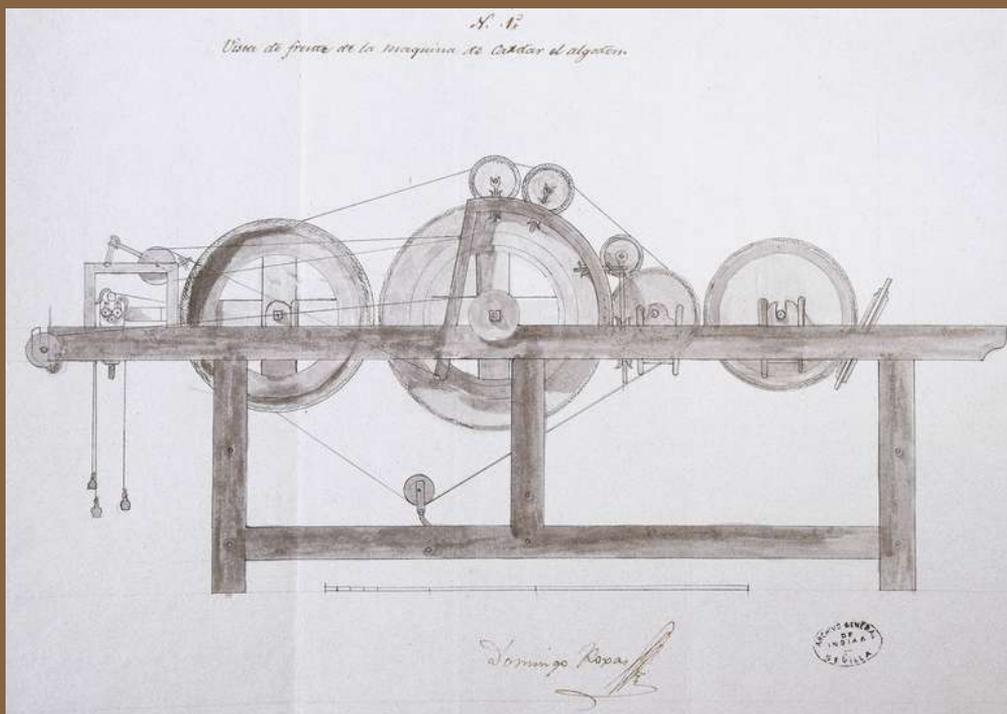
Máquina de cilindros para moler la pulpa con que se manufactura el papel, en la fábrica propuesta por Domingo Roxas y Ureta, industrial criollo filipino (1782 - 1843). 1822. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP-Ingenios, 108A.70A



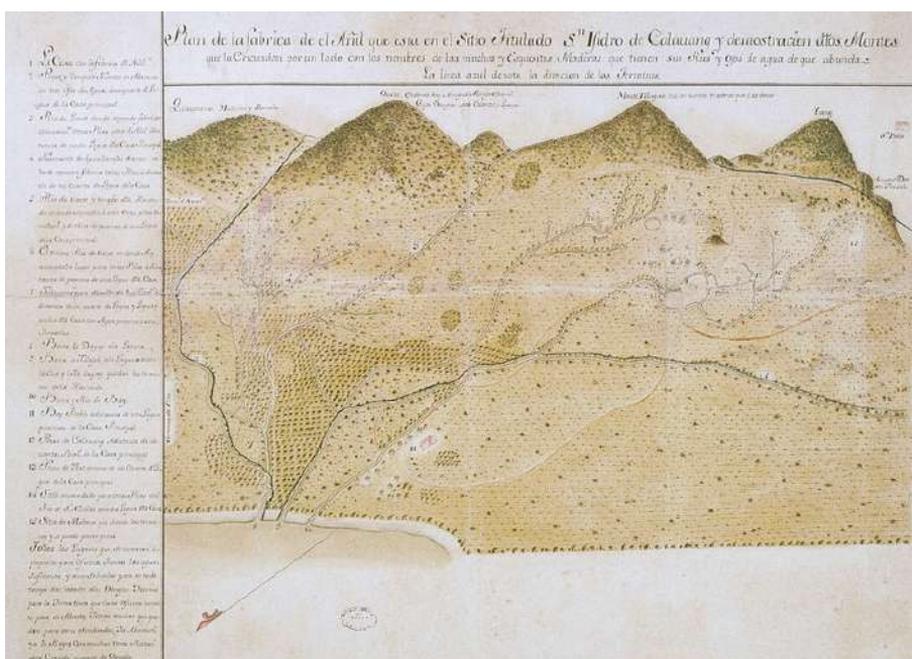
Plano parcial del sitio asignado sobre el Río de Tanay para el establecimiento de Herrerías, Fábrica de Anclas, Fundición de Artillería y Hierro colado. Manila, 16 de enero de 1773 Miguel Antonio Gómez, ingeniero (1731 - f.s. XVIII). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP-Filipinas, 84.



Máquina de cilindros para moler la pulpa con que se manufactura el papel, en la fábrica propuesta por Domingo Roxas y Ureta, industrial criollo filipino (1782 - 1843). 1822. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP-Ingenios, 108A.

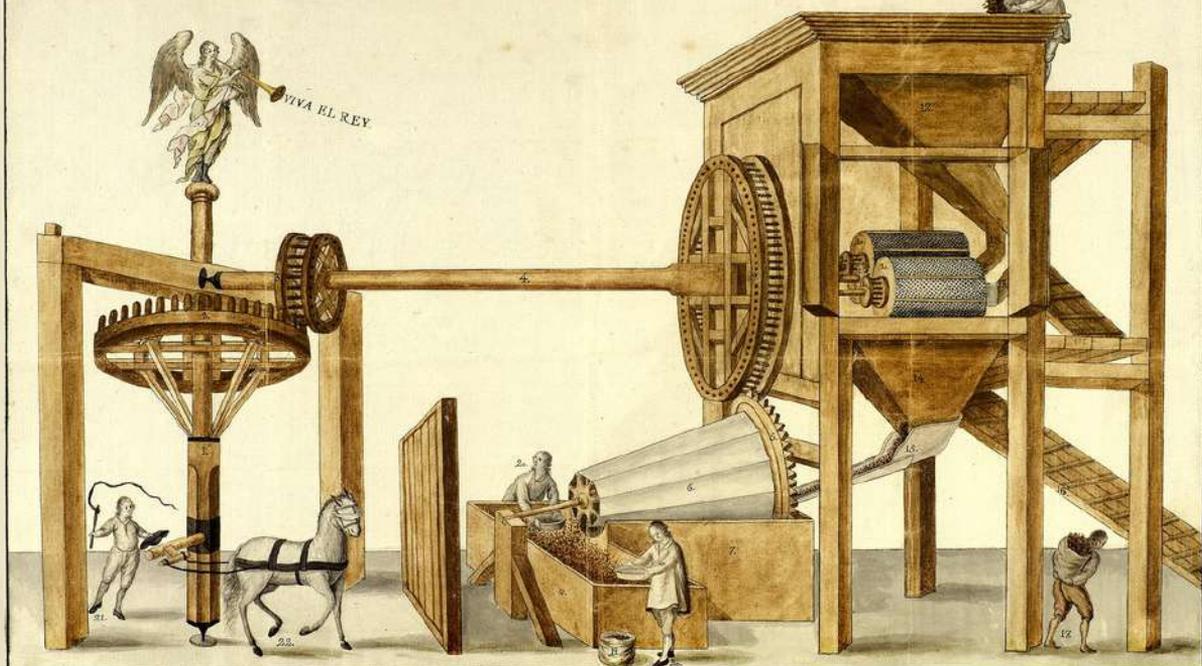


Máquina de cardar algodón propuesta por Domingo Roxas y Ureta, industrial criollo filipino (1782-1843), para aprovechar la calidad del algodón de las islas. 29 de octubre de 1822. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP-Ingenios, 110.



Sitio de San Isidro de Calauang y montes circundantes donde se sitúan los ríos, ojos de agua y presas para el abasto de las siembras de plantas de añil y de los obrages de la fábrica propuesta por Francisco Javier Salgado, vecino de Manila, según modelo de la de Guatemala. 9 de mayo de 1783. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 122.

Vista de una Máquina, para cernir Tabáco en la R.¹ Fabrica de Sigari^s 18



- | | | | |
|--|---|--|---|
| 1. Arbol desde donde se cae la Rueda Catarina. | 7. Cajón que recibe el Polvo que se cae en el Tabáco. | 13. Catenas f. donde se introduce el Tabáco en las Zorundas. | 19. Tabáco enteramente cribado. |
| 2. Rueda Catarina. | 8. Cajón que recibe el Tabáco f. de. | 14. Tercia que recibe el Tabáco hecho corte. | 20. Operario q. retiene en la Pila f. may. compaña de Orizaba y D. A. |
| 3. Tambor sobre la Rueda. | 9. Tambor que mueve el Furoil. | 15. Cuchón desde pasa el Tabáco al Furoil del depósito. | 21. Mueca que gobierna el Andante. |
| 4. Malacate que va al centro de la Máquina. | 10. Zorunda con sus Tamboras. | 16. Andante desde se cubren las Tabacos para operarlos. | 22. Andante que mueve toda la Máquina. |
| 5. Estructa que mueve la Tala del Furoil. | 11. Estructa que mueve las dos Zorundas. | 17. Operario que sujeta el Tabáco. | |
| 6. Furoil de la Tala que limpia el Tabáco. | 12. Tala desde se cogen el Tabáco para cribarlo. | 18. Operario que sirve para cargar la Máquina. | |

Máquina para cernir tabaco en la Real Fábrica de Cigarros de Orizaba, México, primera en contar con maquinaria mecanizada manipulada por cinco operarios y movida por tracción animal. 1787. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 162.

7.INGENIERÍA PORTUARIA Y DEFENSIVA

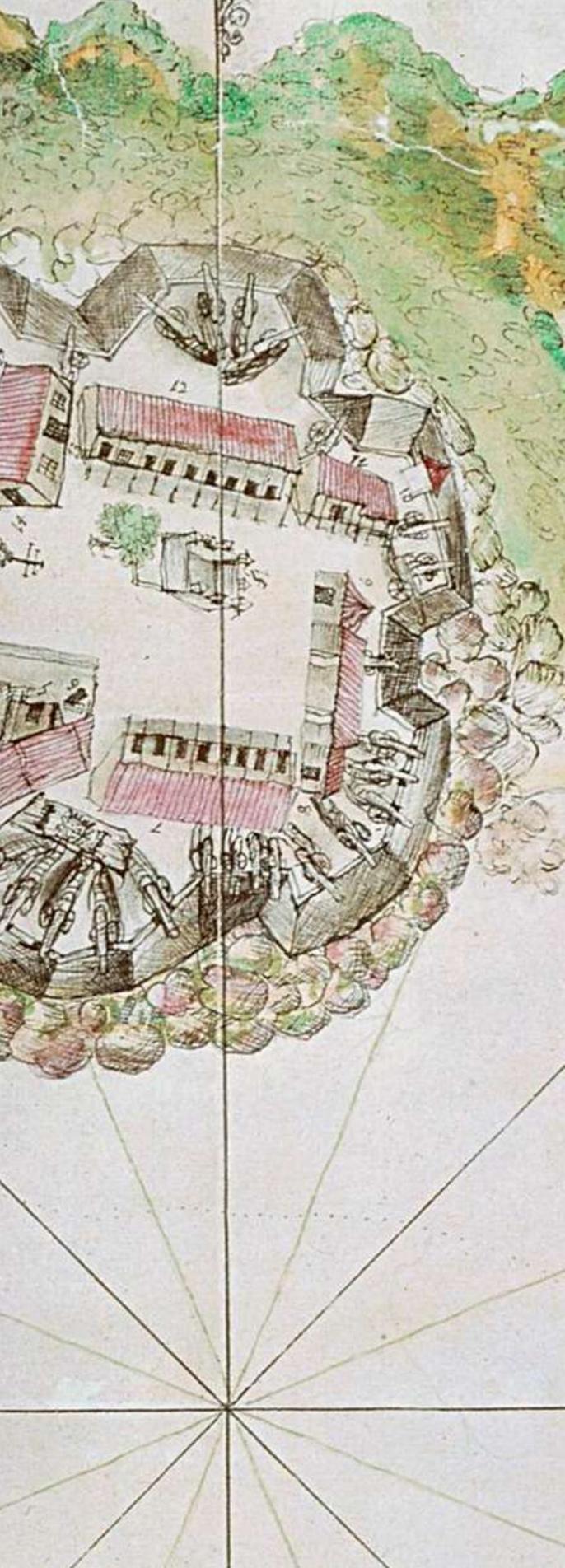
Las comunicaciones marítimas de Ultramar con la metrópoli potenciaron el desarrollo de aquellas ciudades ribereñas que, como terminales de las Flotas de Indias, o sus anexas, se vieron favorecidas por el comercio y el transporte del oro y la plata.

La red portuaria establecida en las Indias tuvo una importancia determinante en la formación y mantenimiento de la estructura comercial americana: en el Caribe y Golfo de México, el puerto de la Habana, base naval de aquellos mares, se erigió en el núcleo de dispersión de las flotas de vuelta a Sevilla; Veracruz y su puerto de San Juan de Ulúa, en conexión con la Flota de Nueva España, aseguraban el tráfico cruzado del azogue de Almadén y la plata de las minas mexicanas. En Panamá, los puertos atlánticos de Nombre de Dios y su sucesor, Portobelo, éstos en conexión con los Galeones de Tierra Firme, controlaban el transporte de la plata potosina que llegaba desde los puertos pacíficos de Arica, Lima y Panamá, a través de los caminos del istmo. Esta línea estaba también el puerto de Guayaquil.

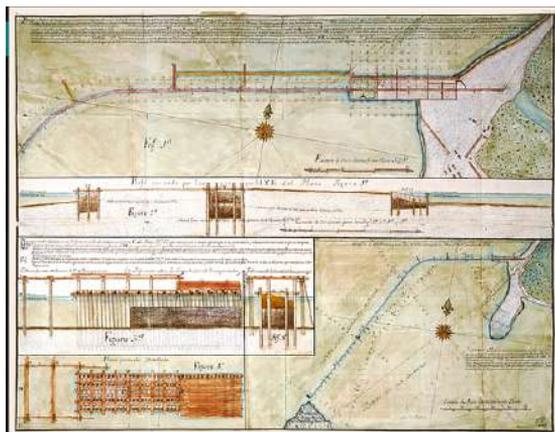
Otros puertos completaban el esquema comercial: Cartagena en Tierra Firme y La Guaira y Puerto Cabello en Venezuela, y el puerto de Buenos Aires, en alza a partir del siglo XVIII al asumir el tráfico de Potosí en detrimento de Panamá.

En el Pacífico, los puertos de Acapulco, en Nueva España, México, y Manila en las Islas Filipinas fueron durante siglos la vía de relación con oriente monopolizando un activo comercio en el que destaca el aporte de la plata mexicana a aquellas islas a través del llamado Galeón de Acapulco.

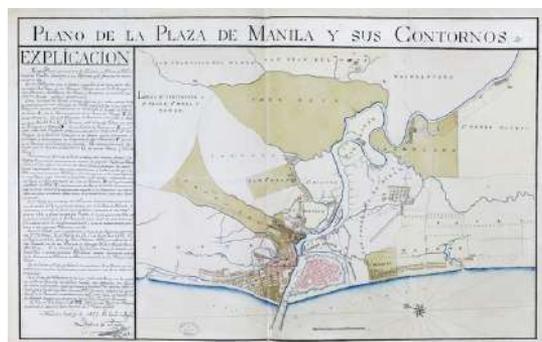
El monopolio ejercido por España dio lugar a la aparición del contrabando y de la piratería, lo que obligó a establecer sistemas de defensa y fortificación en los puertos estratégicos, así como abrigo y protección en las estructuras de costas y puertos batidas por elementos contrarios.



Obras de abrigo y protección costera



Malecón, en construcción el 11 de noviembre de 1771, para el cierre del canal de Bocagrande, entrada a la Bahía de Cartagena de Indias, con el depósito de arena que el mar ha formado con su abrigo. Santa Fe, 28 de febrero de 1775. Copia de Pedro de Ureta basado en el original de Antonio de Arévalo (1715 - 1800) realizado en Cartagena el 31 de diciembre de 1774. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 189.



laza de Manila y sus contornos, con el dique realizado para neutralizar el aterramiento progresivo del puerto fluvial en la bocana del río Pasig. 4 de enero de 1814. Ildefonso de Aragón y Abollado, comandante de ingenieros (1760 - ?). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 133.

La elección de los emplazamientos de los puertos americanos se hacía procurando su instalación en el interior de bahías protegidas y en función de las buenas condiciones de abrigo del entorno. Sin embargo, en ocasiones, por razones de carácter comercial, militar o estratégico, podían escogerse ubicaciones abiertas a la acción degradadora del mar o de los vientos, lo que obligaba a la aplicación de técnicas correctoras en casos como los que a continuación se reseñan:

- Erosión de cimientos o descalces. Para su neutralización se utilizaron diques de escollera sobre pilotes o estacas, que se aplicaban con máquinas especiales (máquinas de hincar pilotes); también cajones flotantes de madera, jaulas o gaviones, etc. como se aprecia, entre otros ejemplos, en las obras de restauración de la muralla de Cartagena de Indias o en el malecón de cierre del Canal de Boca Grande en dicha ciudad, así como en los espigones para crear playa y corregir el descalce de la muralla del Callao, del cosmógrafo Pedro de Peralta Barnuevo.

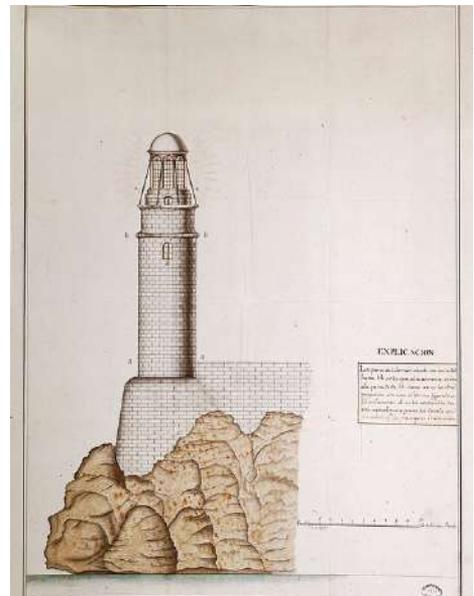
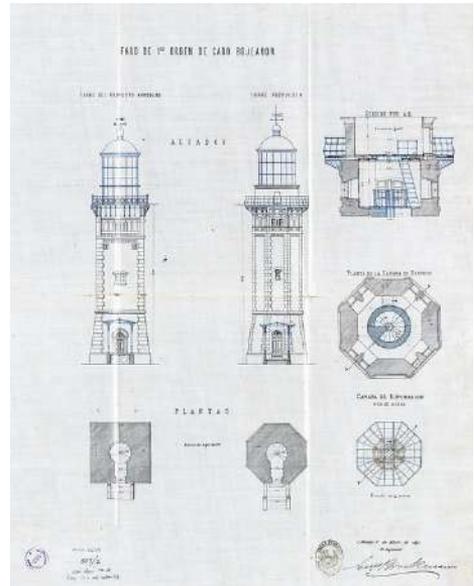
- Aterramientos o procesos de sedimentación. En la lucha contra los aterramientos se aplicaron diversos tipos de dragas como las de cuchara, almeja o tenaza. Pero donde no era factible, se utilizaron, entre otros sistemas, diques de cajones y escollera, como en el foso de San Fernando de Boca Chica, en Cartagena de Indias, o diques de encauzamiento en aterramientos fluviales como el de la desembocadura del Río Pasig, en Manila.

Los faros

La utilización de faros en el Nuevo Mundo fue tardía. En Nueva España el faro de San Juan de Ulúa, frente a la ciudad de Veracruz, no se construye hasta finales del siglo XVIII. Montevideo también contó con uno de los pocos faros construidos en época virreinal, situado en la Isla de las Flores, frente a las costas de la ciudad. En la isla de Cuba, el primer faro importante se instaló en la plataforma del castillo del Morro, a la entrada de la Bahía de la Habana, en 1845.

Por lo que se refiere al archipiélago filipino, la mayor parte de los faros se realizó con posterioridad al Plan de Alumbrado de 1885. Al finalizar el dominio español había 19 faros de diferentes órdenes, además de 15 luces portuarias y dos faros en construcción. Importante la intervención del ingeniero jefe del Servicio de Faros, Guillermo Brockmann y Abarzuza. La tipología de los faros fue tradicional hasta la instauración de las lentes Fresnel.

aro de primer orden de Cabo Bojeador con la torre propuesta y la aprobada. 1 de abril de 1890. Guillermo Brockmann, ingeniero jefe del Servicio de Faros del Archipiélago (1856 - 1930). Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6059.



Vista del Faro del Morro, en La Habana, que ilustra el proyecto de su rebrote con una linterna para mejorar la óptica y alcance. 1796. Realizado por el comandante de ingenieros de la plaza. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España . MP - Santo Domingo, 584.



Puertos fortificados, la defensa de América y su comercio

La estructura del monopolio comercial de la administración española en Ultramar, sustentada en el sistema de flotas, propicia el desarrollo del contrabando y de la piratería en los siglos XVI-XVII, en los que participan sucesivamente franceses, ingleses y holandeses. Ante sus reiteradas agresiones, la Corona debe velar por la defensa de los puertos, especialmente de aquellos que se han convertido en los núcleos estratégicos para el transporte del tesoro real y el comercio, en los terminales de la flota de Nueva España, los Galeones de Tierra Firme y el Galeón de Acapulco-Manila, mediante los sistemas más adecuados de fortificación.

En estos siglos el perfeccionamiento de las técnicas de artillería obliga a la adopción de un nuevo sistema defensivo, el de la "fortificación abaluartada", cuya aplicación en Ultramar se verá impulsada por técnicos italianos al servicio de España, la familia Antonelli. Por encargo de Felipe II, forzado por los ataques de Francis Drake, Bautista Antonelli concebirá el plan estratégico de defensa del Caribe de 1588, que afectará a las fortificaciones de La Habana, Santo Domingo, Puerto Rico, Veracruz y San Juan de Ulúa, Cartagena, Portobelo y Araya.

Ensenada y plaza de Cavite con las mejoras que deben implantarse para su defensa. Fecha probable 11 de febrero de 1663. Por el ingeniero Juan de Somovilla y Tejada (f. S. XVII - 1670), sobre planos del ingeniero holandés Ricardo Carr y otros. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 8.



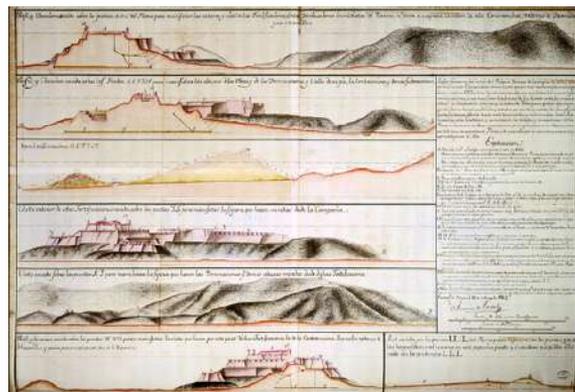
Isla San Juan de Ulúa, frente al pueblo de Veracruz, México, con el sistema de defensa existente y el propuesto para su mejora. 27 de enero de 1590. Ingeniero Bautista Antonelli (1547 - 1616). Reproducción facsimilar. Archivo General de la Indias, Sevilla, España. MP - México, 35.

El nuevo impulso de la defensa, siglo XVIII

En ese siglo los conflictos bélicos se desplazan al escenario americano en el que la política británica se muestra especialmente agresiva con ataques a Portobelo (1739), Cartagena (1741) y, especialmente, la Habana y Manila (1762).

Estos peligros propician la elaboración de un "Plan de defensa Continental" encargado al ingeniero Agustín Crame, designado "Visitador General de las Fortificaciones de América". Su estrategia defensiva se dirige a demorar las posibilidades de ataque del enemigo, dificultando su avance mediante la generación de obstáculos permanentes como baterías, reductos, trincheras, revellines y casamatas.

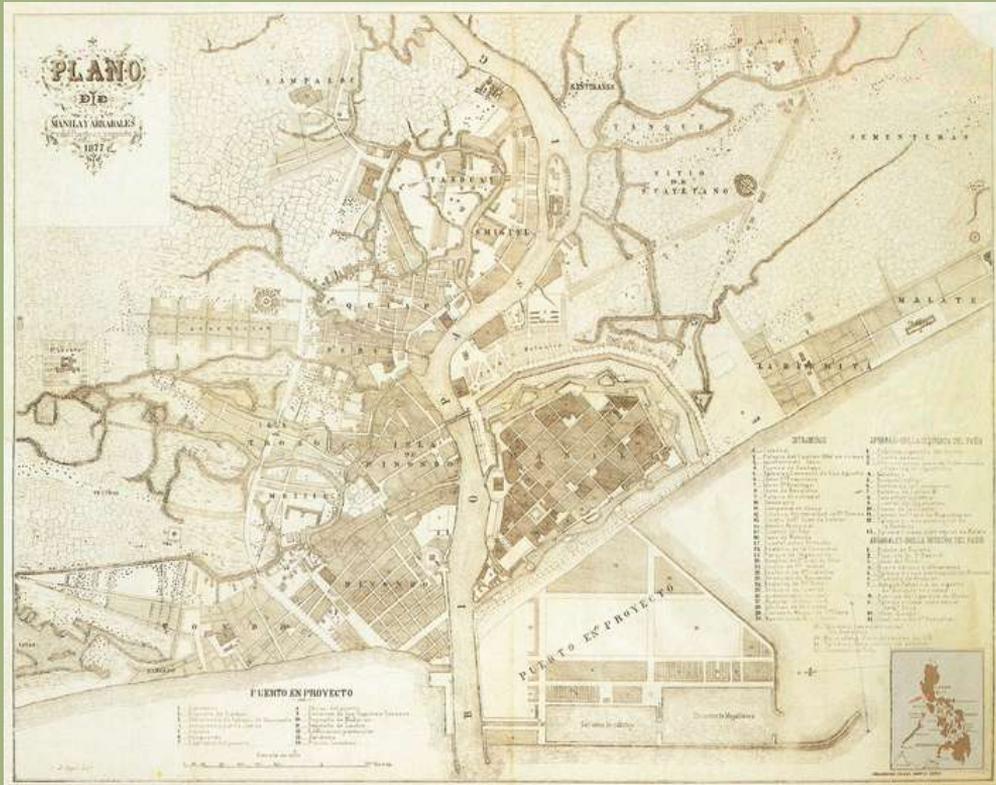
El Plan de Crame, referido a la red defensiva caribeña, induce a una enorme inversión de sistemas y subsistemas, como en La Habana, donde se dará paso a los proyectos de Silvestre Abarca con los enormes reductos de La Cabaña y predominantemente el Príncipe y Atarés, o el de San Felipe de Barajas en Cartagena de Indias (Colombia), entre otros. También las defensas de Manila y Cavite se refuerzan después del ataque inglés.



Castillo de San Felipe de Barajas situado en el cerro de San Lázaro de Cartagena de Indias, con las innovaciones introducidas en el año 1762 para mejorar su defensa y la de la ciudad. 15 de mayo de 1763. Antonio de Arévalo y Porras, ingeniero (1715 ó 1717 - 1800). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 171.



Ciudad y puerto de la Habana con el castillo de San Cristóbal, la fortaleza de la Cabaña ya concluida y el último proyecto en la loma de Aróstegui. 8 de mayo de 1776. Luis Huet Lambert (1721 - 1798) bajo la dirección del también ingeniero y mariscal de campo, Silvestre Abarca (1707 - 1784). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 412.

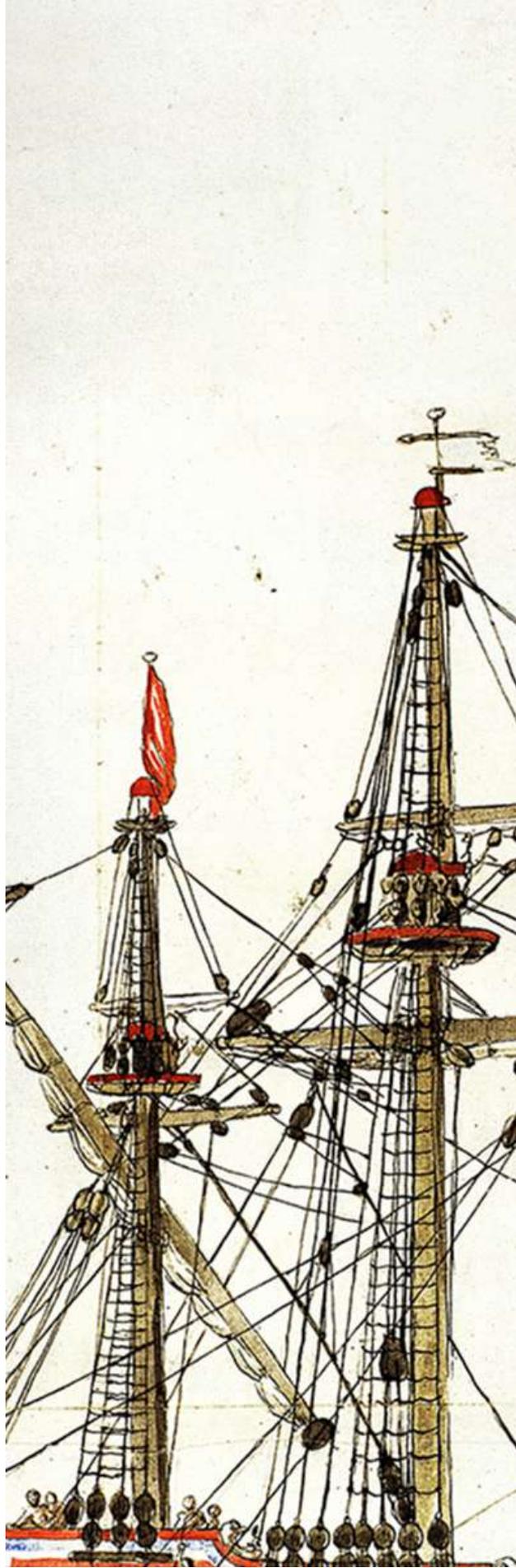


Defensas de la Habana, Isla de Cuba, siglo XVI La Habana en perspectiva con la Fuerza y, en la entrada del puerto, el Cubo y la Atalaya, futuros asentos del fuerte de la Punta y el castillo de los Tres Reyes del Morro.28 de enero de 1567 Archivo General de Indias, Sevilla, España (MP-Santo Domingo, 4)

8. INGENIERÍA NAVAL

Nada de lo aquí mostrado hubiese sido posible si España no hubiese dispuesto de la tecnología naval necesaria para realizar las numerosas y exitosas expediciones que fueron dibujando los territorios de Ultramar. En cuatro siglos de presencia española, la construcción naval se transforma desde la concepción casi medieval de los primeros navíos hasta la ingeniería que hace posible la fabricación de los mayores barcos de pasaje y de guerra. Se trata de una evolución continua y prudente, ya que la mar ofrece el doble peligro de las aguas y de las naves enemigas; así del carpintero de ribera se pasa al arquitecto naval que incorpora las leyes de la mecánica y la geometría, y de allí al ingeniero naval que dominará las nuevas disciplinas que el progreso hará imprescindibles como la metalurgia, la termodinámica y la electricidad.

Tres tipos de empresas navales marcarán la clase y el número de barcos: las flotas para realizar la Carrera de las Indias, las escuadras y flotillas para expediciones de descubrimiento y exploración y las que se destinan a acciones de conquista. El tráfico marítimo se constituye en la arteria vital del Imperio, razón por la cual España se convierte en la primera nación de Europa que produce reglamentos, instrucciones y tratados para la construcción naval y la navegación.





Representación de una fragata en el astillero: forrada hasta la primera cinta, con las planchas de viento, guindola, grúa o pescante para levantar las piezas de gálibo, etc. 1719 - 1739. Diccionario de toda la arquitectura naval moderna. Juan José Navarro de Viana y Búfalo, marqués de la Victoria (1687 - 1772).

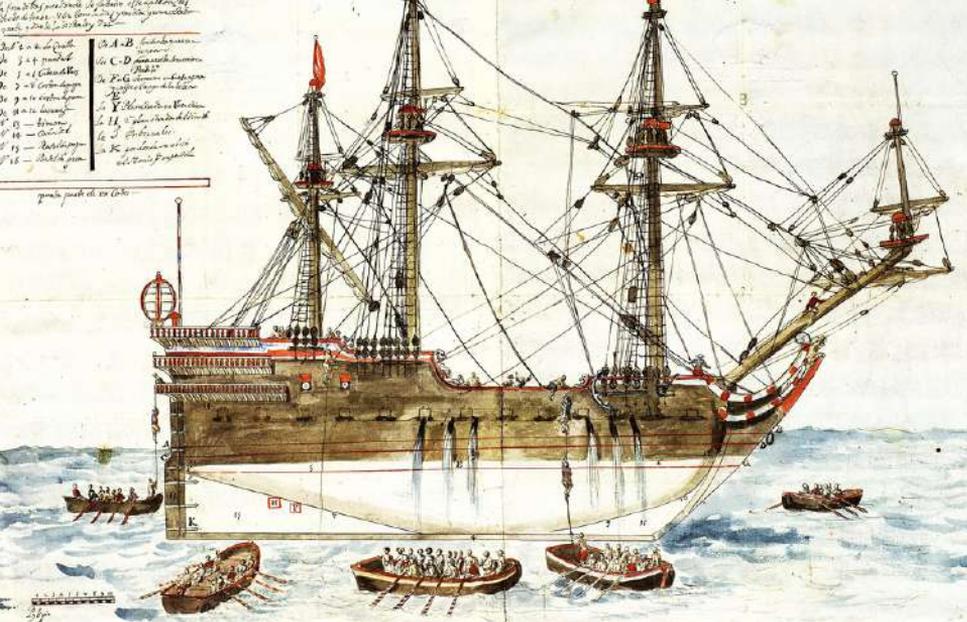


Arsenal de La Habana, con sus galpones, tribunas y edificaciones para trabajos auxiliares y conducción de agua desde un ramal del foso real para accionar la sierra hidráulica. 4 de agosto de 1827. Honorato de Bouyon y Serze, ingeniero naval (1753 - 1849). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 768.

Instalaciones de construcción y carena de barcos

La necesidad de crear una Armada eficiente y poderosa, generó múltiples infraestructuras dedicadas tanto a la carena y como a la fábrica de bajeles: arboladura, jarcias, lonas, etc. Para determinar su emplazamiento, existían dos condicionantes principales: la proximidad de masas forestales con maderas de gran calidad y la disponibilidad de calados suficientes entre el mar abierto y los arsenales. Así en Ultramar, se fundaron numerosos arsenales y astilleros: Realejo, Guayaquil, La Habana, Veracruz, San Juan de Puerto Rico, San Blas, Cartagena de Indias, Montevideo y Manila. Las complejas instalaciones llegaban a agrupar hasta una treintena de gremios especializados, siendo considerada por algunos autores como la primera industria en España.

Las evoluciones técnicas fueron continuas: gradas, compuertas para el cierre de arsenales, sistemas de vaciado de los arsenales que se valían de las carreras de marea o de bombas y máquinas e ingenios para la manipulación y colocación de grandes piezas. Atender al mantenimiento y reparación de los buques era tan importante como su construcción, ya que de ello dependía la durabilidad de la flota. Por consiguiente, se diseñaron y construyeron multitud de instalaciones para las labores de carena que fundamentalmente consistían en la limpieza, la renovación de piezas inservibles y el calafateado o impermeabilización del casco. Así se podía carenar en seco: en varaderos y diques, "dando la quilla" en un lecho arenoso e inclinando el buque a un costado o incluso a flote, mediante el empleo de grandes pesos muertos que permitían escorar la embarcación.



Diego García de Palacio (¿ - ca. 1595). Instrucción náutica, para el buen uso y regimiento de las Naos, su traza y gobierno conforme a la altura de Mexico. Pedro Ocharte, 1587. Reproducción facsimilar. Museo Naval, Madrid, España. MNM CF 136.

Los barcos: Normativa, tecnología, tipos y sistemas

Símbolo inequívoco de la tecnología española y basada en una larga tradición de cabotaje mediterráneo y de navegación oceánica en las costas africanas y mares europeos, la construcción naval evolucionó desde las naves de los descubrimientos, constituidas por carabelas y naos, hasta los galeones y navíos de mayor tonelaje dedicados a la Carrera de Indias, pero que estuvieron condicionados durante siglos por el accidente geográfico de la barra de Sanlúcar que habilitaba la entrada al puerto de Sevilla, centro neurálgico del comercio mundial. Cada propósito tenía su diseño, así a los ya mencionados se añadieron naves: para la exploración y conquista con sus carabelas y bergantines, para el Pacífico o Mar del Sur con galeones dotados de bordos generosos, para el Caribe con sus fragatas y pataches, y para poblar y comerciar con los genuinos "galeones españoles". En el siglo XIX compiten hierro y vapor contra madera y viento, dando lugar a los mejores ejemplares de estos últimos dotados de una tecnología que estaba llamada a la obsolescencia.

Tratados como el de Diego García de Palacio e instrucciones técnicas de expertos como Antonio Garrote, Antonio de Gaztañeta, Jorge Juan, Francisco Gautier, José Joaquín Romero y Fernández de Landa, Julián Martín de Retamosa en el siglo XVIII e Isaac Peral, ya en el XIX, forman parte del patrimonio mundial en la materia, ya que diseñaron sistemas propios de construcción, suponiendo sucesivamente enormes avances en las prestaciones, robustez y marinería de las naves.



Mapa de la Bahía de Manila y Ensenada de Súbic, descubierto por el sargento mayor José Cortés Monrroy una zona productora de madera apta para el establecimiento de un astillero para la construcción de barcos. 15 de mayo de 1715. Reproducción facsímil. Archivo General de Indias, Sevilla , España. MP - Filipinas, 146.

LISTA DE OBJETOS DE LA EXPOSICIÓN

Composición de retratos de los cuatro ingenieros militares pioneros de su tiempo. De izquierda a derecha: Cristóbal de Rojas (1555 - 1614), José Próspero de Verboom (1665 - 1744), José de Urrutia y de las Casas (1739 - 1803) y Agustín de Betancourt y Molina (1758 - 1824).

Composición gráfica basada en la "Carta Hydrographicay Chorographica de las Yslas Filipinas". En los recuadros, escenas de la ciudad de Manila y Cavite.

Antigua atarjea y nueva conducción de agua desde Chapultepec a la ciudad de México, por arcos. 11 de agosto de 1761. Lorenzo Rodríguez y otros.

Detalle del croquis itinerario del camino de Las Piñas a Calamba, trazado que parece coincidir con la actual autopista Asian Highway 26, importante eje de transporte en la isla. 1897. Carlos de las Heras y Crespo, comandante de ingenieros (1860 - 1926).

Mapa de Tierra Firme y su istmo de Panamá ilustrando la comunicación terrestre interoceánica, por donde se proyectó el célebre canal. 1744. Nicolás Rodríguez, ingeniero en segundo (f.s. XVII - c. 1751).

Valle de Lanatin con la Mina de Hierro de Santa Inés en el estado en que se hallaban sus labores, población, casas y oficinas el año de 1762 en que fue destruida por una rebelión. Manila, 1773. Miguel Antonio Gómez, ingeniero (1731 - f.s. XVIII).

Detalle del malecón, en construcción el 11 de noviembre de 1771, para el cierre del canal de Bocagrande, entrada a la Bahía de Cartagena de Indias, con el depósito de arena que con su abrigo ha formado el mar. Santa Fe, 28 de febrero de 1775. Copia de Pedro de Ureta sobre original de Antonio de Arévalo (1715 - 1800) realizado en Cartagena el 31 de diciembre de 1774.

Ensenada y plaza de Cavite con las mejoras que deben implantarse para su defensa. Fecha probable 11 de febrero de 1663. Por el ingeniero Juan de Somovilla y Tejada (f. S. XVII - 1670), sobre planos del ingeniero holandés Ricardo Carr y otros.

Representación de una fragata en el astillero: forrada hasta la primera cinta, con las planchas de viento, guindola, grúa o pescante para levantar las piezas de gálibo, etc. 1719 - 1739. Diccionario de toda la arquitectura naval moderna. Juan José Navarro de Viana y Búfalo, marqués de la Victoria (1687 - 1772).

Uniforme utilizado por los ingenieros militares. 1751. Juan Martín Cermeño (1700 - 1773). Reproducción facsimilar. Archivo General de Simancas, España. MPD. 15, 055, 01.

10

Manual del ingeniero. Resumen de la mayor parte de los conocimientos elementales y de aplicación en las profesiones del ingeniero y arquitecto. Atlas de 103 láminas. J. Dumaine. París 1859, V. 2 Nicolás Valdés y Fernández, teniente coronel de ingenieros (1819 - vivo en 1867). Colección Daniel C. Zuellig, Manila, Filipinas.

11BIS

Miniatura del uniforme de gala de ingeniero de Caminos, Canales y Puertos correspondiente a Agustín de Betancourt. Siglo XX. Realizada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Juan Camacho Martínez, Málaga, España

11

Regla de medida con escala graduada en varas de Burgos, unidad muy utilizada en la cartografía de ingenieros.[s.f.] J. Rabone e hijos.

Hueso y metal, aproximadamente 16 x 3 cm. Colección Pablo Sánchez de Mora y Pérez, Málaga, España.

12

Curatos de Tonalá y San Pedro Tlaquepaque y su distrito, en Nueva España, actual México. Tonalá, 23 de noviembre de 1772. Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 285.

13

Nueva ciudad de Veracruz, proyectada en el emplazamiento de las ventas de Buitrón y en el camino a México. 28 de febrero de 1590. Pedro Ochoa de Leguizamo, ingeniero (2ª mitad siglo XVI _ ¿comienzos siglo XVII?).Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 38.

14

Ciudad de La Habana, base naval del Caribe, con la demarcación en parroquias dentro de su traza semirregular. Hacia 1691. Juan de Císcara y Ramírez, ingeniero (1671 _ 1720 pos.).Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 97.

15

Forma y levantado de la ciudad de México, capital de Nueva España.1628. Juan Gómez de Trasmonte (c. 1595 _ 1647). Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Impresos, 22.

16

Plano de la Ciudad de Lima, capital del Virreinato de Perú, con sus fortificaciones. 14 de octubre de 1687. Pedro Nolasco (O de M), ejecutado sobre el original de Juan Ramón Connick.Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 13.

20

Plano de la Ciudad de México divida en barrios o cuarteles para su mejor organización. Ciudad de México, 12 de diciembre de 1782. Manuel Villavicencio, grabador (fl. 1753 - 1818).Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 387.

21

Plano de la plaza mayor de la ciudad de Panamá, engalanada para la proclamación del rey Fernando VI. 1748.Reproducción facsimilar.

Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 144.

23

Convento de Monjas Carmelitas de San Rafael y sus alrededores en el barrio de la Cañadilla, en Santiago de Chile, con el abastecimiento de agua directamente desde el río Mapocho. 1773. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 257.

24

Terreno entre la ciudad de Santiago de Chile y el río de Maipo, con el proyecto del Canal de Maipo o San Carlos desde dicho río al de Mapocho, de esta ciudad. Santiago de Chile, 1 de agosto de 1800. Agustín Caballero, ingeniero (fl. 1796 - 1800). Reproducción facsimilar.

25

Ciudad de Trujillo y Valle de Chimú en Perú con las conducciones de agua hasta dicha ciudad y su territorio. 1760. Miguel Feijóo de Sosa, corredor de Trujillo (1718 - 1781). Reproducción facsimilar

29

Plano de Manila y sus arrabales con el trazado de la conducción de aguas. 11 de noviembre de 1869. Genaro Palacios, ingeniero jefe de segunda clase, luego de primera, director de obras al servicio del Ayuntamiento de Manila (1839 - ?). Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 4537.

30

Pueblo de Yuririapúndaro y dependientes, con la gran laguna saneada por fray Diego de Chávez y Alvarado (OSA), arquitecto, mediante la canalización del Río Lerma. 1580. Cristóbal de Vargas Valadés [atribución] Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 24.

31

Pavimentación y alcantarillado de la ciudad de la Habana. 10 de julio de 1824. Arsène Lacarrière-Latour, arquitecto francés (1778 - 1837). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 745.

34

Ciudad de México con las acequias, ríos, vertientes y desagües que en ella convergen y el proyecto para preservarla de las inundaciones. 1753. Domingo de Trespacios y Escandón (1706 - 1777). Reproducción facsimilar. Real Academia de la Historia, Madrid, España. Cuadros - 36, N° 285.

36

Camino proyectado desde las Ventas de Buitrón, Nueva Veracruz, hasta la ciudad de México. México, 8 de marzo de 1590. Bautista Antonelli, ingeniero militar (1547 - 1616). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 39.

40

Camino de Nueva Valencia y Valledupar a Santa Marta. 1767. José Aparicio Morata. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 354.

43

Perfil y plano del Puente de Santa: Reconstrucción del puente proyectado por el ingeniero José Coquette Gallardo. 28 de enero de 1811. Antonio de Ugartevidea. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 167.

44

Puente proyectado sobre dicho río en el "Camino de Asia", de México a Acapulco. 28 de mayo de 1784. Rafael Vasco, teniente coronel del Regimiento de Asturias y castellano interino de Acapulco. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 394.

45

Armadura o cimbra para la construcción del citado puente. 1619. Bernardo Florines, ingeniero, y Diego Guillén, maestro de cantería. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 203.

48E

Plan General de Ferrocarriles con las líneas propuestas para la Isla de Luzón. 1876. Eduardo López Navarro, ingeniero de caminos, director del Puerto de Manila; promotor, Genaro Palacios. Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6908.

51

Provincia de Nicaragua, su Laguna y desagüe de ella, por el Río de San Juan por donde se proyectó un canal entre los océanos citados. 3 de octubre de 1716. Sebastián de Arancibia, gobernador de Nicaragua. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Guatemala, 17.

52

Plan de nivelación calculado entre el Mar del Sur (Océano Pacífico) y el Lago de Nicaragua para proyecto de establecer un canal de comunicación. 1781. Manuel Galisteo, ingeniero. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Guatemala, 465.

53

Orden del Rey Carlos I de España para que se estudie por personal técnico el terreno entre el Río de Chagres y el Mar del Sur (Océano Pacífico) y se investigue la posibilidad de abrir un canal entre ambos. Toledo, 20 de febrero de 1534. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. Panamá, 234, L.5, f.143 r-v.

55

Interior de una mina con sus galerías y sus tornos de mano y exterior de la misma con el terraplén, los hornos Bustamante y sus tuberías de aludeles, posiblemente de Almadén.1752. Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Minas, 57.

56

Análisis gráfico y planimétrico de la mina de azogue de Huancavelica en Perú. 1742.Esteban Oliva.Reproducción facsimilar.Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA).Sala del Consejo Administración, Madrid, España.

57

Horno de Santiago del Real de Minas de azogue de Nuestra Señora de la Concepción, en Nueva España (México), dispuesto para desazogar el metal sin vasos u ollas de reverbero.Santiago, 1648. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Minas, 54.

58

Minas de plata de Mellado, Saucedo y Quebradilla, en el Real de Guanajuato, con sus bocas, puestos, y labores.1704. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Minas, 102.

59A

Obras para el desagüe de la mina de San Juan de Rayas, en Guanajuato, ilustrando el proyecto de sustitución del sistema manual de norias por nuevos andenes con malacates movidospor tracción animal. 27 de septiembre de 1704. Reproducción facsimilar.Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 96.

59A

Camino interior de la mina de San Juan de Rayas, en Guanajuato, para la comunicación y transporte desde los tajos donde se explotaban las vetas. 27 de septiembre de 1704.Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 97.

61

Villa Imperial de Potosí con su Cerro Rico y las 21 lagunas construidas en las cordilleras de Cari-Cari y Nicaua que proveían el agua para mover los ingenios mineros. Siglo XVIII (hacia 1770). Francisco Javier Mendizábal. Reproducción facsimilar. Museo del Ejército, Toledo, España. Nº 43245.

62

Nuevo método de laboreo de minas en Perú propuesto por el sargento mayor Gaspar Sabugo, en el ámbito de la modernización de los procesos de extracción y refinado del metal y sistematización del trabajo en las minas subterráneas de fines del siglo XVIII. 1790. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 121.

65

Perspectiva de la máquina para cernir harina y amasar pan inventada por Francisco Antonio de Horcasitas, en México. 1786. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 193.

68

Real Casa de la Moneda de Potosí, finalizada por el Superintendente Interino Pedro de Tagle, Oidor de Charcas, en 1772. 18 de mayo de 1773. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Buenos Aires, 276.

72

Máquina para cernir tabaco en la Real Fábrica de Cigarros de Orizaba, México, primera en contar con maquinaria mecanizada manipulada por cinco operarios y movida por tracción animal. 1787. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 162.

77

Malecón, en construcción el 11 de noviembre de 1771, para el cierre del canal de Bocagrande, entrada a la Bahía de Cartagena de Indias, con el depósito de arena que con su abrigo ha formado el mar. Santa Fe, 28 de febrero de 1775. Copia de Pedro de Ureta sobre original de Antonio de Arévalo (1715 - 1800) realizado en Cartagena el 31 de diciembre de 1774. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 189.

81

Plaza de Manila y sus contornos, con el dique realizado para neutralizar el aterramiento progresivo del puerto fluvial en la bocana del río Pasig. 4 de enero de 1814. Ildelfonso de Aragón y Abollado, comandante de ingenieros (1760 - ?). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 133.

82

Vista del Faro del Morro, en la Habana, que ilustra el proyecto de su recrecimiento con una linterna para mejorar su óptica y alcance. 1796. Realizado por el comandante de ingenieros de la plaza. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 584.

83

Faro de primer orden de Cabo Bojeador con la torre propuesta y la aprobada. 1 de abril de 1890. Guillermo Brockmann, ingeniero jefe del Servicio de Faros del Archipiélago (1856 - 1930). Reproducción facsimilar. Archivo Histórico Nacional, Madrid, España. Ultramar, MPD. 6059.

84

Muelle en el Puerto del Callao, realizado por el maestro mayor de las Fábricas Reales en dicho puerto, Pedro de la Madrid (OSA). 1696. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Perú y Chile, 15.

88

La Habana en perspectiva con el Castillo de la Real Fuerza y, en la entrada del puerto, el Cubo y la Atalaya, futuros asientos del fuerte de la Punta y el castillo de los Tres Reyes del Morro. 28 de enero de 1567. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 4.

89

Isla de San Juan de Ulúa, frente a la población de Veracruz, en México, con el sistema de defensa existente y el que se propone para su mejora. 27 de enero de 1590. Bautista Antonelli, ingeniero (1547 - 1616). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 35.

90

Nueva villa de Portobelo con sus baluartes y los castillos de Santiago y San Felipe en la boca de la bahía para su defensa. Por el general Juan Bautista de la Rigada, sobre planta realizada por el ingeniero y general de batalla Luis de Venegas Osorio. 22 de octubre de 1688. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 97.

91

Acapulco con su poblado y fuerza de San Diego, en la costa del Mar del Sur (Océano Pacífico), puerto continental de la línea del galeón de Manila. 2 de marzo de 1730. Francisco Álvarez Barreiro, ingeniero militar. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - México, 125.

92

Ensenada y plaza de Cavite con las mejoras que deben implantarse para su defensa. Fecha probable 11 de febrero de 1663. Por el ingeniero Juan de Somovilla y Tejada (f. S. XVII - 1670), sobre planos del ingeniero holandés Ricardo Carr y otros. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 8.

94

Ciudad y puerto de la Habana con el castillo de San Cristóbal, la fortaleza de la Cabaña ya concluida y el último proyecto en la loma de Aróstegui. 8 de mayo de 1776. Luis Huet Lambert (1721 - 1798) bajo la dirección del también ingeniero y mariscal de campo, Silvestre Abarca (1707 - 1784). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 412.

95

Castillo de San Felipe de Barajas situado en el cerro de San Lázaro de Cartagena de Indias, con las innovaciones introducidas en el año 1762 para mejorar su defensa y la de la ciudad. 15 de mayo de 1763. Antonio de Arévalo y Porras, ingeniero (1715 ó 1717 - 1800). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Panamá, 171.

97

Bahía de Manila con la ensenada de Súbic descubierta por el sargento mayor José Cortés Monrroy, con proyecto de un astillero y botadero para la construcción de navíos, por la excelente calidad de madera de la zona. 15 de marzo de 1715. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Filipinas, 146.

98

Arsenal de la Habana, con sus tinglados, gradas y edificios para labores auxiliares y la conducción de agua procedente de un ramal de la Zanja Real para accionar la sierra hidráulica. 4 de agosto de 1827. Honorato de Bouyon y Serze, ingeniero naval (1753 - 1849). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Santo Domingo, 768.

101

Diseño de flota en formación sobre el cuadro de la carga que conduce la escuadra del mando del teniente general Andrés Reggio que salió de la Habana el 13 de mayo de 1749. 1749. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Varios, 23.

102

Diego García de Palacio (¿ - ca. 1595). Instrucción náutica, para el buen uso y regimiento de las Naos, su traza y gobierno conforme a la altura de Mexico. Pedro Ocharte, 1587. Reproducción facsimilar. Museo Naval, Madrid, España. MNM CF 136.

103

Galeón "Nuestra Señora de la Mar", construido de acuerdo con lo establecido en la Recopilación de las Leyes de Indias. Perteneciente a la Armada del general marqués del Vado y capitaneado por su dueño el almirante Francisco de Pineda, naufragó en el Golfo de la Bermuda. 1695. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 318.

104

Plano para la construcción de una fragata de guerra de 60 cañones en Veracruz: Vista de popa. 14 de noviembre de 1690. Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 13B.

105B

Descripciones de la varenga maestra y espejo de toda la popa llana hasta su coronamiento, perfil del costado concluido y plano de un navío de guerra capaz de montar setenta cañones. 1720. Antonio de Gaztañeta Iturrizalza, militar e ingeniero naval (1656 - 1728). Reproducción facsimilar. Archivo General de Indias, Sevilla, España. MP - Ingenios, 136B.

CREDITOS

ORGANIZAN

Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

AECID

Federación de Asociaciones de Empresas de Conocimiento e Ingeniería de España

Museo San Agustín, Manila, Filipinas

COMISARIOS

María Antonia Colomar Albájar

Ignacio Sánchez de Mora y Andrés

COORDINACIÓN

Embajada de España en Manila

Alvaro García Moreno

Pamela A. Bigornia

Paula Gozalvez

Fr. Ricky B. Villar, OSA

Louella Revilla

DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE FACSIMILES

Tannhauser Estudio

KINKA Graphics

INSTITUCIONES PRESTADORAS

Archivo General de Indias, Sevilla

Archivo General de Simancas, Valladolid

Archivo Histórico de la Armada, Madrid

Archivo Histórico Nacional, Madrid

Colección Daniel C. Zuellig, Manila

Colección Juan Camacho Martínez, Málaga

Colección Pablo Sánchez de Mora y Pérez, Málaga

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid

Minas de Almadén y Arrayanes S.A. MAYASA, Madrid

Colección museográfica de la Academia de Ingenieros de Hoyo de Manzanares, Madrid

Museo del Ejército, Toledo

Museo del Prado, Madrid

Museo Naval, Madrid

Philippine Map Collectors Society (PHIMCOS), Manila

Real Academia de la Historia, Madrid

AGRADECIMIENTOS

Ministerio de Cultura

Augustinian Province of the Most Holy Name of Jesus of the Philippines

Mel V. Velarde

Asociación Empresarial de Ingenieros Consultores de Andalucía

Alfredo Roca Pérez

BIBLIOGRAFIA

"Cuatro siglos de ingeniería española en Ultramar. Siglos XVI-XIX" ASICA y AECID. ISBN 978-84-09-09682-4 (Granada, España, 2019)



— FOUR CENTURIES OF —
XVI **SPANISH** XIX
ENGINEERING
— OVERSEAS —