

Tecnología herramental y maquinarias utilizadas en la producción monetaria durante el Virreinato

Carlos Lazo García

I. LA COMPLEJIDAD DEL TEMA

El presente artículo debe ser entendido como un trabajo de divulgación y como una contribución a la historia de la ciencia y técnica peruana virreinales, tema relegado por nuestra historiografía¹.

Las páginas iniciales de esta historia recién se han comenzado a pergeñar por la pluma de estudiosos que, haciéndose eco del espíritu técnico de nuestro tiempo, han sentido la necesidad de llenar el vacío existente, incluyendo en sus trabajos capítulos dedicados al estudio del herramental usado en la labor de producción objeto de sus investigaciones².

En este afán, bueno es recordarlo, el tema de la técnica e instrumental de las cecas de la colonia se ha erigido en uno de los primeros en ser abordados, tocándole al historiador argentino Humberto F. Burzio el mérito de haber realizado el esfuerzo

¹ Aún no se cuenta con una historia-síntesis como aquella que ha publicado el historiador Ramón Sánchez Flores bajo el título "Historia de la tecnología y la invención en México". Tampoco hay un estudio que presente las secuencias del pensamiento, usos técnicos y aperos de una rama específica de la producción, una historia parecida a la que hizo para la minería colonial Modesto Bargalló (La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial).

² Al respecto, la minería colonial es el tema que ha merecido el mayor número de páginas. Esto, gracias al esfuerzo infatigable que de tiempo atrás realiza el Ing. Mario Samamé Boggio (El Perú Minero) y recientemente a los trabajos del historiador Juvenal Luque Luque ("Arbitrios técnicos de la minería colonial. Perú 1700-1820" y "Tecnología del barril amalgamador de Born en el Perú, Siglo XVIII"). Francisco Quiroz Checa, historiador de los gremios y cofradías de los artesanos del virreinato peruano, ha dedicado y dedica parte de su encomiable esfuerzo al estudio de las herramientas y artefactos empleados por los artesanos de Lima. Miriam Salas de Coloma ha asumido una actitud idéntica en lo que respecta a los obrajes del coloniaje, tema del cual indiscutiblemente es la única especialista. La técnica de la producción de vidrio ha sido tratada por Gabriela Ramos Cárdenas en su excelente monografía "Economía de una hacienda vidriera colonial, Macacona, Ica, siglo XVIII" y a Susan Aldana le debemos el conocimiento de la técnica e instrumental en las fábricas de jabón del virreinato ("Empresas coloniales. Las tinajas de jabón en Piura").

inicial. Burzio ha dedicado al asunto algunos párrafos en sus libros "La ceca de la villa imperial de Potosí" (1945), "La ceca de Lima, 1565-1824" (1958) y en su "Diccionario de la moneda hispanoamericana" (1958). Quien escribe estas líneas ha continuado la obra del maestro argentino destinando todo un capítulo de su libro "Economía colonial y régimen monetario. Perú, siglos XVI-XIX" (1992) al tratamiento de la manufactura monetaria colonial.

Sin embargo, la obra realizada es aún insuficiente, y exige nuevos aportes para completar el conocimiento del amplio espectro técnico-instrumental que comprendió la fabricación de la moneda colonial y su curso evolutivo.

En lo venidero, quien retome el tema con la debida seriedad científica deberá llenar los numerosos vacíos de información aún existentes y asimismo documentar mejor los puntos ya tratados.

Su mayor esfuerzo tendrá que orientarlo en tres direcciones:

Primero, elaborar un diccionario de tecnicismo de la moneda virreinal, extrayendo de los testimonios manuscritos de la cecas los vocablos y sus significados.

Segundo, presentar en sus detalles la secuencia del perfeccionamiento del instrumental manufacturero monetario. Esto deberá referirse no sólo al paso de la manufactura manual a la fábrica mecanizada, sino también a las obras de perfeccionamiento que en cada uno de estos casos tuvieron lugar a consecuencia del reto constante de reducir los costos de producción para adelantar los beneficios tanto del hornacero como del fiel, dependientes exclusivamente de su ingenio e industria.

Tercero, estudiar los múltiples problemas técnicos que existieron tanto en la producción de las monedas macuquinas como en las de cordoncillo, analizando por separado los concernientes a la fundición de rieles, manufactura de los cospeles y acuñación de las "monedas blancas" (cospeles bruñidos aún no sellados), explicando asimismo aquellos otros propios de las labores productivas de apoyo, a saber:

- a) Afinación de insumos (cobre y plomo),
- b) Calentamiento de los metales para darles la flexibilidad necesaria a su manipulación fabril ("*recocho*"),
- c) Manufactura y reparación de herramientas y máquinas, incluyendo la elaboración de piezas para estas últimas (herrería, tornería, carpintería),
- d) Confección y apertura de cuños (ocupación del tallador de la casa),
- e) Precisión de la fineza de los metales en barras, rieles y monedas (ensajes por toque y por fundición en crisoles)
- f) Calibración de balanzas y pesas (tarea del almotacenero o maestro balanzario)

- g) Extracción de los metales menudos ("*lises*") existentes en las tierras o "*barreduras*" de los suelos, paredes, techos y azoteas de las oficinas de labor ("*beneficio de tierras o escobillas*" de la fundición, hornaza y fielatura), y asimismo recuperación de los metales que quedaban rezagados en las escorias o relaves de la casa.

Los puntos señalados, por cierto, no agotan la materia, pues habría que tenerse en cuenta lo que de un modo genérico podríamos denominar conocimientos técnicos menudos.

Nos referimos a los que tenían que ver con las adquisiciones de materias primas e insumos, actividades que exigían una sapiencia muy amplia. El oficial encargado de estos menesteres era todo un práctico en asuntos de mineralogía, conocimiento de tierras (para la fabricación de callanas, por ejemplo), fibras textiles de uso diverso (ropas de esclavos, desazogamiento, etc.), productos agrícolas (verbigracia naranjas agrias para el bruñido de las monedas, calidades de leña y carbón vegetal, maderas y otros), artículos de ferretería (clavos, alambres).

También debía conocer sobre construcción de edificios y entender el argot de los alarifes, dados los continuos temblores que resquebrajaban las estructuras de las cecas ya melladas por un uso ininterrumpido, el desgaste del tiempo y el empleo de materiales bastante deleznable.

Y como si todo esto fuera poco, debía ser ducho en la compra de alimentos y tener por lo menos rudimentos de la preparación de los mismos, conocimientos que se ponía de manifiesto, entre otras funciones, por ejemplo, durante el almuerzo colectivo que se acostumbraba a dar en la Casa de la Moneda a principios de año, cuando a los cuños inservibles se les borraba las marcas con el fin de reciclarlos ("*remache de pilas y trojeles*").

Quien aborde científicamente los temas enumerados tendrá que recurrir a los documentos existentes en los archivos de Lima, Potosí y General de Indias (Sevilla), y no podrá soslayar el uso de los diccionarios y enciclopedias técnicas de la época, a riesgo de caer en una criticable deficiencia de erudición.

En este sentido le será útil la lectura del "*Diccionario Universal de Ciencias, de Letras y de Arte*" de Marie Nicolás Bouillet (1749), la enciclopedia del abad Noel Antonio Pluché intitulada "*Espectáculo de la Naturaleza o Conversaciones de las particularidades acerca de la Historia Natural*" (Madrid, 1772) y el "*Diccionario Castellano con las voces de Ciencias y Artes*" del sacerdote Esteban de Terreros y Pando (Madrid, 1786). La obra de nuestro compatriota Eusebio de Llano Zapata "*Memorias Histórico físicas apologeticas de la América Meridional*", dedicada al rey Carlos III, no podrá serle ajena, como tampoco el "*Arte de los metales*" de Alvarado Alonso Barba (1640), ni "*La práctica de repartición y buen uso de indios y azogue*"

de Juan Esteváñez de Azebedo (1650), que contiene la mejor descripción de los hornos de desazogar denominados "*busconiles*".

También deberá prestar especial atención a la obra de García de Llanos "*Diccionario y maneras de hablar que se usan en las minas y sus labores en los ingenios y beneficios de los metales*" (1609) y al tratado "*De re metallica*" del escritor renacentista alemán Georgius Agrícola (1555).

Por otra parte el trabajo a realizar necesariamente deberá incluir una crítica hermenéutica de las fuentes que le permita reconocer de un modo inequívoco la verdad de los textos que brindan información sobre los múltiples problemas técnicos de la amonedación colonial, puesto que tales cuestiones -según lo hemos podido constatar- servían a veces para encubrir mermas de origen doloso (sustracciones de metales), en cuyo caso las razones que se esgrimían no pasaban de ser un artificio cuidadosamente planteado para extraviar el curso de las averiguaciones.

II. LA FISICA MECANICA Y LOS INSTRUMENTOS DE LA MANUFACTURA MONETARIA

La elaboración, reparación y perfeccionamiento de las herramientas y máquinas usadas en la hechura monetaria exigió a los técnicos de la época un conocimiento teórico de los principios de la física y una experimentación constante.

Los postulados de esta disciplina estuvieron presentes tanto en el herramental artesanal de la confección manual de macuquinas como en las máquinas de la manufactura fabril de los sellos de cordoncillo.

Nos referimos a la mecánica, es decir a aquella rama de la física que trata del equilibrio y del movimiento de los cuerpos sometidos a fuerzas de cualquier tipo.

La teoría de la mecánica fundamentó la condición de artífices que se confirió a los maestros y oficiales de la moneda, encargados de la producción y del mantenimiento de los instrumentos correspondientes, y dio al conocimiento que poseían el rango de *arte*. Este reconocimiento adquirió mayor connotación en el siglo XVIII, cuando se introdujeron en las cecas de Lima y Potosí las máquinas de acuñar.

Desde entonces, sin titubeos, tales artefactos y por extensión semántica las oficinas donde se instalaron, fueron llamados "*ingenios*", pues su presencia evidenciaba el predominio de la creación artística, obra del razonamiento, sensibilidad, y la industria humana.

Fue por esta razón que la Real Cédula reformadora del 9 de junio de 1728, al dar curso a la producción mecanizada de monedas circulares de cordoncillo al canto, ordenó a los ministros de las casas del virreinato que las tales sean troqueladas "*en ingenios*".

El conocimiento físico-mecánico resultó indispensable para entender el funcionamiento de las herramientas y máquinas, asegurar su mantenimiento adecuado y desarrollar un arbitrio técnico renovador e inventor. Por eso, no nos causó sorpresa hallar entre los documentos de la Casa de Lima, un viejo manuscrito de autor anónimo que lleva por título "Física".

Esta interesante obra nos ofrece una información ordenada de los principios de la mecánica, de la cual dice es una disciplina que *"en general tiene por objeto las leyes del movimiento y del equilibrio"*, aunque acto seguido aclara que *"en sentido estricto se da el nombre de mecánica a la parte de la física que trata del movimiento y estática, del equilibrio o reposo"*.

Entrando en detalles, el autor explica que la estática se divide en dos partes, en *"estática propiamente dicha, que tiene por fin el estudio de las leyes del equilibrio de los sólidos"* y en hidrostática, *"que comprende el equilibrio de los fluidos"*.

Recalcando el papel de la estática, recalca que abarca el conocimiento de *"las máquinas simples o compuestas"*. Una máquina, asevera, puede definirse como un *"instrumento que sirve para transmitir la acción de una fuerza a un cuerpo"*, O como un artefacto *"destinado para producir movimiento, ahorrando o tiempo en la producción del efecto o fuerza en la causa"*.

El autor opina que existen siete máquinas simples (la palanca, la polea, el torno, el plano inclinado, el tornillo, la cuña y las cuerdas de máquinas funiculares) y observa que la unión de estas da lugar a las máquinas compuestas, que son de *"número infinito"*.

Sobre la estructura correcta de las máquinas establece que es menester tener en cuenta en su construcción cuatro aspectos básicos, a saber: *"puntos de apoyo"*, toda vez que las fuerzas, *"resistencia y potencia"*, obran sólo en la dirección que les son propias; la *"resistencia"*, es decir la fuerza que se trata de vencer o con que se intenta equilibrar otra; la *"potencia"*, que refiere la fuerza llamada a vencer o a equilibrar la resistencia; y el *"centro de gravedad"*, que es el punto por donde pasan las fuerzas derivadas al cuerpo o sistema de la máquina.

En lo atinente al movimiento, el anónimo autor hace referencia a las *"fuerzas centrales"*, distinguiendo la centrífuga de la centrípeta.

Desagregando la información y abundando en pormenores, connota la palanca como una máquina simple consistente en una vara (de hierro, madera u otro material), que sirve para levantar pesas o para vencer una resistencia, como es el caso de las tijeras comunes, las tenazas y las pinzas, en cuyo uso la fuerza de la mano actúa como potencia, mientras que el objeto cortado conforma la fuerza de resistencia. Las balanzas en cruz y romana, de uso en las cecas, las incluye en esta categoría de máquinas.

En lo que respecta al torno, afirma que se trata de un cilindro móvil que gira sobre un eje que lo atraviesa y se encuentra apoyado sobre dos puntos fijos. En un extremo de este eje se halla una rueda o tambor, al que se aplica la potencia, que aumenta cuanto menor sea el diámetro del cilindro y mayor el de la rueda. A propósito de este artificio afirma que un *"sistema de ruedas dentadas"*, como el caso de los molinos de laminación de rieles monetarios *"no viene a ser otra cosa que un conjunto de tornos"*.

En resumen, el documento que comentamos va presentando una a una las máquinas simples enumeradas y las asociaciones mecánicas de éstas que dan lugar a las compuestas.

El texto termina dedicando un buen número de páginas a la hidráulica, *"parte de la hidrodinámica -dice- que tiene por objeto el movimiento de los fluidos"*. Esta parte de la física se hallaba presente en la construcción de los molinos, como aquellos que se empleaban en los ingenios mineros y casas de moneda³.

III. DE LA MINA A LA TALEGA O LA HISTORIA DE UN MARCO DE PLATA. PRIMER TRAMO FABRIL: LA CONFECCION DE LA "MONEDA MAYOR" O BARRA DE PLATA"⁴

La comprensión cabal de la manufactura de la moneda colonial exige una síntesis necesaria, pues su proceso fabril formaba parte de otro de mayor dimensión, que comenzaba cuando el mineral argénteo era extraído de la mina y concluía cuando, ya perfectamente amonedado, era entalegado y entregado a quien correspondía. Tal síntesis, en un lenguaje metafórico, bien puede ser referida como la historia de un marco de plata. Esta historia tenía dos tramos. El primero se desarrollaba en tres centros laborales: la mina, el ingenio y la fundición de la tesorería real. El segundo se desenvolvía en la Casa de la Moneda.

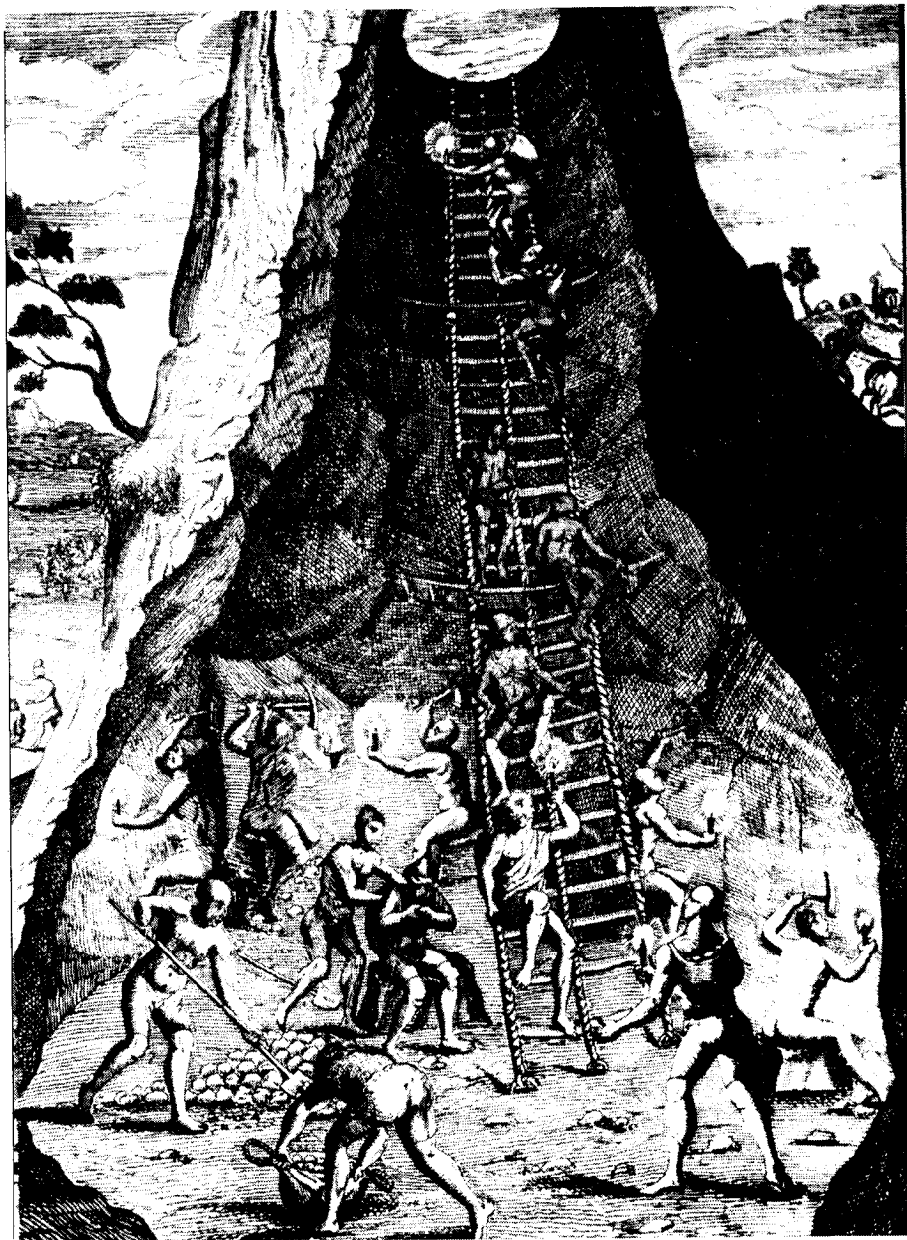
III A. EL MARCO EN LA MINA ("MARCO DE PLATA EN PIEDRA

La historia comenzaba a partir del instante en que el metal en bruto era cortado de las vetas con el auxilio de picos removedores y barretas, para luego ser conducido al exterior de las minas por los indios cargadores que lo transportaban sobre sus espaldas, en zurrones de pellejo de llama y dos arrobas de capacidad.

³ En 1776 y por iniciativa del fiel José Moreyra, la fieltura de la ceca limeña fue equipada con un "molino hidráulico de martinete y tres almadenetas" para pulverizar las escorias de la oficina a efecto de poderles extraer con azogue los residuos de plata que contenían. En 1790 a esta misma máquina se le adicionaron "barriles de incorporo" o amalgamación. Ver las ilustraciones del acápite IV.C.

⁴ Un marco era igual a 230.0465 gramos. El marco era la unidad de peso para ponderar metales preciosos. Las barras de plata con los registros correspondientes recibieron en la colonia el nombre de *"monedas mayores"*, porque corrían como tales en el mercado, con un alto valor expresado en reales. En promedio, una barra de plata tenía un poder liberatorio equivalente a mil pesos de ocho reales.

La extracción se efectuaba por las galerías a la luz tenue de una vela de sebo, y el recorrido entrañaba serios riesgos, pues a la profundidad de las vetas se aunaba el uso de endeble escaleras de tiento o crisneja, que comunicaban los distintos pisos de las túneles (*fig. 1*).



III B. EL MARCO EN EL INGENIO ("MARCO DE PLATA EN PIÑA")

Ya fuera de la mina, el metal "en piedra" (en bruto) era llevado al "ingenio", un conjunto de talleres de propiedad privada destinado al beneficio del mineral extraído. Este beneficio consistía en una sucesión de labores que tenía por finalidad desligar el metal fino de todas sus impurezas naturales.

En el ingenio el tratamiento se iniciaba con la quema del metal en piedra, en hornos dispuestos para tal efecto. Operación que resultaba necesaria para liberar por exhalación ciertos cuerpos extraños que de no ser expelidos entorpecían el beneficio. En el argot de la época estos cuerpos recibían el nombre de "medios minerales" (betunes, antimonios, alumbre, caparrosas, etc.) y "espíritus minerales" (azufre, amoniaco y otros). Los metales de ley alta no eran quemados.

Retirado del horno, el metal era molido y convertido en "harina". Para la molienda podía recurrirse a tres tipos de morteros, a saber:

a) El "quimbalete", instrumento de piedra de gran tamaño provisto de dos brazos de madera que hacía posible que dos hombres lo levantaran y lo arrojaran sobre una solera pétreo, sobre la cual se había colocado el mineral .

b) La tahona o rastra, molino conformado por una "muela" de piedra, de superficie plana, figura circular y dispuesta horizontalmente, y una "volandera" o rueda de piedra provista de un grueso eje de madera que servía para que una o dos mulas pudieran arrastrarla sobre la superficie de la muela, en donde se hallaba el metal que debía pulverizarse.

c) El molino hidráulico⁵, una máquina compuesta de una rueda de treinta varas de circunferencia y tres cuartas de grueso, provista de paletas en forma de cajón, sobre las cuales caía desde cierta altura una corriente de agua. Este rodezno, íntegramente de madera, era colocado dentro de dos gruesas paredes de piedra ("cárcamo o castillo"). Al girar, ponía en movimiento un eje, también de madera, de seis a diez varas de largo, que atravesaba uno o los dos muros del cárcamo (ingenio de una o dos cabezas, según el caso). En las partes sobresalientes de este eje se encontraban unos mazos, cada cual armado de una almadeneta, un puño de hierro de ocho o nueve arrobas de peso. El movimiento del eje levantaba y dejaba caer los mazos y sus almadenetas sobre una enorme piedra solera ("mortero"), en cuya superficie era puesto el mineral para su molienda. El otro extremo del eje descansaba en una chumacera colocada en un grueso parante que sostenía el eje con firmeza.

⁵ Los centros de beneficio que no contaban con un molino hidráulico recibían el nombre de "trapiches".

Fig.2. Fotografía de la rueda de un molino hidráulico de Potosí, inserta entre las dos paredes de su cárcamo o castillo. Se aprecian las paletas acajonadas y, en la parte superior, el vertedero del agua que impulsaba la rueda y su eje central, observable en la siguiente figura.





Fig. 3. Molino hidráulico que muestra el dispositivo de mazos empleado en la molienda del mineral en las minas alemanas del siglo XVI. Obsérvese la caída de agua en la parte superior. Grabado tomado de *De re metallica* de Georgius Agrícola.

Acto seguido, el metal molido y cernido era vertido al interior de unos cajones ("buytrones"), en los cuales además se echaba azogue, sal y cierta proporción de magistral (raedura de hierro, azufre molido o en su defecto una mezcla de sulfatos y óxidos) para facilitar la unión de la plata con el azoque. A lo largo de cuatro o cinco semanas, el azogue iba atrayendo hacia sí todo el argénteo, separándolo de esta manera de su liga natural. Era frecuente que esta operación se realizara "en caliente", para cuyo efecto debajo de cada cajón de piedra se mantenía encendida una fogata.

Al término de la amalgama, la plata embebida de azogue (pella), se colocaba en una tina con agua que corría permanentemente hacia un canal de desagüe. Las aspas de un molinillo hidráulico de madera, accionadas por un juego de ejes y ruedas dentadas, batían el agua de esta tina y permitían que la tierra y las escorias se desprendieran de la pella, que así quedaba limpia en el fondo del gran recipiente.

⁶ Si la caperuzas era de barro se mantenía constantemente fría echándole agua o haciendo que ésta circulara por encima de ella a través de un canal dispuesto con este fin. Si la caperuzas era de metal, bastaba con que sobresaliera del honro para que la baja temperatura del lugar la enfriara.

La pella lavada era luego apretujada manualmente en unos lienzos de cañamazo para retirarle el azogue que se pudiera. Estos lienzos pendían de una viga, el "colgadero", y debajo de ellas había un pozo donde caía el azogue exprimido.

A continuación, la plata en pella era distribuida en unos recipientes de barro con pequeños agujeros en sus paredes. Allí se le comprimía con un tacón de madera para que el azogue que aún contenía saliera por los orificios señalados.

Finalmente, la masa argétea que se había retirado de los moldes de barro, y que ahora recibía el nombre de "plata piña", era colocada en un horno de desazogar de barro cocido en donde por exudación se le liberaba de los últimos residuos de mercurio, éstos no se perdían, pues el horno estaba provisto de un alambique, consistente en una tapa abovedada (caperuza), que contaba con un conducto que salía al exterior⁶.

Como puede suponerse, el vapor de azogue quedaba retenido en la contratapa, en donde por acción del frío se licuefacía y discurría hacia un recipiente por el mencionado vertedero.

De cada 200 marcos de pella se lograban al final del beneficio 40 marcos de plata piña, o lo que es lo mismo, de cada 46 kilos de kilogramos de pella se obtenían 9.2 kilogramos de plata, que era el peso medio de una piña.

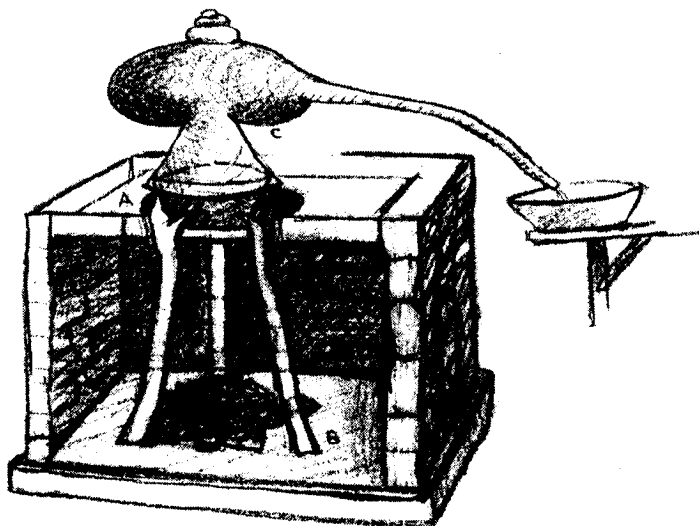


Fig. 5. Un horno de desazogar en corte transversal, tal y como se describe en el *Arte de los Metales* de Barba. Un "fondo" o recipiente de metal (A), conteniendo las piñas, era colocado sobre un trípoda ("trébede") (B), y se le daba fuego de carbón por la parte inferior. El mercurio volatilizado se exhalaba hacia un alambique de barro o metal, el cual era enfriado con agua para que nuevamente se tornase líquido, chorreando hacia un recipiente a fin de darle nuevo huso.

III.C EL MARCO EN LA CAJA REAL DE QUINTOS ("MARCO DE PLATA EN BARRA")

Del ingenio, la piña pasaba a la tesorería o Caja Real del distrito, ésta era una oficina estatal provista de un taller de fundición en donde las piñas eran transformadas en barras con un peso promedio de 150 marcos (34.5 kilogramos).

En la fundición se encontraba un horno de regular tamaño, y en él se introducía un gran crisol de barro (callana) capaz de contener de 500 a 600 marcos de plata (115 a 138 kilogramos), es decir aproximadamente 12 a 15 piñas⁷.

Por acción del fuego las piñas se licuefacían, y en este estado el caldo de plata resultante se vertía en las "barreras" o "lingoteras", unos moldes de barro de forma trapezoidal. En estos receptáculos permanecía hasta endurecerse y adquirir la forma definitiva de lingote o barra de plata.

Luego de determinarse su exacta fineza, se procedía a marcar la barra con el auxilio de un punzón. De esta manera sobre la superficie se estampaban tres pequeñas coronas, la letra inicial de la Caja, el número de la barra, su ley, peso y valor, año de edición, y por último la sigla del ensayador.

IV. LA HISTORIA DE UN MARCO DE PLATA: SEGUNDO TRAMO FABRIL. LA MANUFACTURA DE LA MONEDA EN DISCO O COSPEL

IV A. DOS SISTEMAS DE AMONEDACION DIFERENTES

La barra de plata, convenientemente marcada, era introducida en la casa de moneda, y allí recibía un tratamiento fabril que aproximadamente duraba de 7 a 10 días, al final del cual quedaba convertida en monedas.

Durante la colonia el proceso de amonedación siguió dos sistemas productivos.

El primero tuvo un carácter artesanal, pues la confección de la moneda se efectuaba íntegramente a mano. Este régimen fue el más antiguo y el que duró más tiempo, en Lima hasta 1751 y en Potosí hasta 1767. En estos años se dio comienzo al segundo sistema, que fue de corte fabril. Bajo este régimen las operaciones dejaron de ser manuales y se realizaron con el auxilio de modernas maquinarias que aseguraban la producción de monedas perfectamente circulares y bello acabado, muy distintas a las toscas y deformes macuquinas que el primer sistema produjo.

Tanto en el primer como en el segundo sistema las tareas se efectuaban por tramos. Comenzaban con la conversión de las barras en rieles monetarios, seguían

⁷ Este gran crisol también recibía el nombre de craza, y era de fierro recubierto de barro. Poseía dos brazos que permitían asentarle sobre dos horquetas de fierro fijadas en el piso. Su peso era tal que ocho hombres apenas podían levantarlo una vara sobre su asiento. La fundición contaba además con "un fuelle, alcribices, tinas, paylas, almireces, tenazas, cinchos, aspetones y una balanza".

con la transformación de los rieles en cospeles ("monedas blancas") y concluían con la acuñación de estos cospeles, que así se convertían en monedas acabadas.

Ambos regímenes tuvieron además en común la operación denominada "remache de barras", que no era otra que el borrarle al lingote las marcas del rey, es decir las coronillas que le fueron impuestas en la Caja Real, para en su lugar grabarles el signo de la ceca.

Se requería para este menester un martillo en forma de "T", que en una de sus cabezas poseía una "pica raspadora" y en la otra un cuño con la impronta "Non plus ultra" o la figura de las dos "columnas de Hércules".

Ciertamente, si los tramos en ambas modalidades de producción eran los mismos, fueron abismales las diferencias en lo que respecta a recursos técnicos, instrumentos y cantidad y calidad del producto final.



Fig. 5. Las barras debidamente quintadas eran conducidas a la Casa de Moneda, donde se reducían a una común ley monetaria y eran convertidas en rieles monetarios como primer paso de una labor que fue manual hasta 1751 en Lima y 1767 en Potosí. En la fotografía podemos apreciar la vista del frente de la Casa de la Moneda de Potosí, abierta para la nueva labor de cordoncillo y situada en la llamada Plaza del Regocijo. Foto Glenn Murray.

IV B. LA CONFECCION MANUAL DE LA MONEDA

IV B 1. EL MARCO DE PLATA EN LA FUNDICION DE LA CECA ("MARCO DE PLATA EN RIELES")

La oficina de la fundición presentaba en la parte superior de su techo abovedado una gran chimenea con forma de un farol. Debajo de éste se encontraba el horno de fundir, construido con adobes de barro cocido. El fuego de este horno era avivado por un fuelle cuyo cañón se hallaba protegido por una manga de barro o cobre denominado alcribiz.

En el horno se asentaba la callana o craza, un enorme crisol en forma de vaso, de paredes refractarias, construido íntegramente de arcilla mezclada con cenizas de cáscara de huevo. Su durabilidad se limitaba a no más de siete fundiciones (crazadas).

La callana era introducida en un cincho o canasta de hierro provisto de dos brazos que permitían colocarlo sobre dos paradores fijos en el suelo (horquetas), de modo que el fuego quedara debajo de la craza. Estos brazos presentaban en sus extremos unos orificios (orejas), en las que se introducían dos palancas que al ser operadas posibilitaban que el cincho y la callana fueran volteados llegado el momento.

En la concavidad de la callana se echaban 3 ó 4 barras, cuyo peso total no debía exceder 600 marcos. Al licuefacerse éstas por acción del fuego se vertía en el caldo una cierta cantidad de cobre fino a efecto de lograrse la liga prevista en las ordenanzas monetarias. Disuelto el cobre se removía la masa líquida con una vara de hierro (espetón), para conseguir su perfecta incorporación con la plata.

Concluida la labor descrita, que duraba cerca de una hora, seis u ocho peones retiraban del horno la callana y su cincho y colocaban los brazos de éste sobre las canaletas de un "piloncillo de piedra de una vara de hondo con la mitad de agua".

Acto seguido, haciéndose uso de las palancas introducidas en las orejas de los brazos, se volteaba la callana para verter el caldo en las "rieleras", que se encontraban colocadas en el suelo, frente al piloncillo.

Una rielera era un molde de "hierro de vara y media de largo con una zanjita hueca hasta la mitad de su extensión del ancho y alto de una pulgada".

Las rieleras y su contenido se colocaban en una tina de agua para apresurar su endurecimiento. Luego de producido éste, quedaba conformado el riel, un lingotillo cuadrilongo con un peso que fluctuaba de 8 a 10 marcos (1.8 a 2.3 kilogramos).

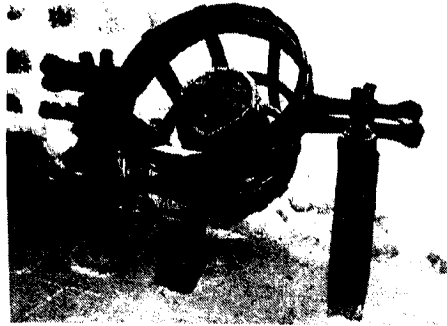


Fig.6. Dos vistas de una callana de fundición rodeada de su cincho de hierro. Obsérvense los brazos del cincho que reposan sobre las horquetas fijas en el suelo, con las orejeras que servían para verter el metal líquido sobre las rieleras. Museo de la Casa de Moneda de Potosí. Fotos Glenn Murray.

IV B 2. EL MARCO DE PLATA EN LA HORNAZA DE LA CASA (MARCO DE PLATA EN COSPELES O MONEDAS NEGRAS)⁸

En el sistema antiguo, la hornaza era el taller en donde los rieles eran transformados en cospeles. Allí las tareas se realizaban en el orden que pasamos a describir.

Luego de cuatro o cinco horas de calentamiento para hacerlos maleables, los rieles eran seccionados en "pedazos cuadrados" y a continuación a cada uno se les recortaba las puntas. Con este fin se utilizaba una tijera de hierro "de dos varas de largo y del grosor de una muñeca de hombre" (tijera tallona). Con el auxilio de una pequeña balanza se cuidaba que el peso de estos pedazos de plata ("pospeles" o "cospeles") correspondiese al de la moneda que se estaba fabricando.

Puestas sobre un yunque ("tas"), cada uno de los "pospeles" era golpeado con un martillo pequeño para darle el grosor y la extensión debidos. Concluida esta última tarea, los módulos eran caldeados para facilitar el cercén de las "demasías" con la tijera ya mencionada. Dispuesta nuevamente sobre el yunque, cada pieza era martillada, esta vez con el fin de que adquiriese la redondez definitiva de la moneda.

⁸. De un marco de plata de fineza monetaria se producía el número de monedas señalado en la talla asignada a cada suerte.



Fig. 7. Detalle de un grabado mostrando las actividades que en las cecas coloniales se llevaban a cabo en la hornaza y en los bancos de acuñación.

Las piezas que resultaban imperfectas ("cospeles picudos") eran encajados en una tenaza de hierro de boca circular y vueltos a martillar hasta que desapareciese tal deficiencia, empleando un pequeño martillo denominado "muleta".

Los cospeles producidos en la hornaza del modo dicho recibían el nombre de "monedas negras", pues los sucesivos calentamientos y la propia manipulación de los mismos habían oscurecido el metal.

IV B 3. EL MARCO DE PLATA EN EL TALLER DE *BLANQUICION* (MARCO DE PLATA EN MONEDAS BLANCAS).

Para devolverles la brillantez correspondiente a la plata, los cospeles pasaban al taller de blanquición. En él se los echaba en unos peroles grandes de cobre ("fondos"), asentados sobre un fogón.

Estos peroles se llenaban con una solución de agua y millo, que al hervir liberaba a los cospeles de todo tizne y les devolvía la brillantez. Para un mejor resultado se revolvía la solución hirviente con un "rodadillo".

Conseguido el objetivo, los flanes eran retirados del perol con ayuda de una "espumadera", lavados en una tina de agua y sacudidos con un cernidor ("rallate"), y deshumedecidos sobre unas bandejas calientes de cobre. Al cospel bruñido se le daba el apelativo de "moneda blanca".

IV B 4. EL MARCO DE PLATA EN EL TALLER DE ACUÑACION (MARCO EN MONEDAS).

La acuñación se efectuaba en la oficina del cuño. En ella se hallaba el banco o asiento de acuñar, una "caja de media vara de alto y una vara y media de largo", delante de la cual había un tronco grueso ("cepel"), firmemente empotrado en el suelo y dispuesto a la manera de un yunque. La superficie del tronco se hallaba recubierta de una plancha de acero y en su centro presentaba un agujero.

En este agujero se introducía el cuño de acero, que tenía grabadas las figuras del reverso de la moneda. Este cuño era llamado "pila", pues llevaba como aditamento una "espiga de hierro" que profundizando la penetración en el agujero, permitía mantenerlo inmóvil.

Encima del cuño-pila se colocaba horizontalmente el cospel en blanco, y sobre él se superponía el otro cuño, "trojel", con la impronta del anverso monetario.

El acuñador con una mano sostenía el cuño-trojel y con la otra le daba un golpe seco con un pesado martillo ("mallete"), para que las figuras de ambos cuños quedaran simultáneamente esculpidas en el cospel.

El monedero debía ser un hombre de fuertes brazos pues operaba simultáneamente el martillo y el trojel, instrumento este último que en el caso de los reales de a ocho, los de mayor producción, alcanzaba a pesar 1.60 kilogramos.

Las monedas producidas luego de los correspondientes controles de calidad eran entalegadas y entregadas a sus dueños.

IV C. LA FABRICACION MECANIZADA DE LA MONEDA

IV C 1. EL MARCO DE PLATA EN LA FUNDICION DE LA CASA ("MARCO EN REALES")

En la "nueva planta" de la moneda, calificativo que en el siglo XVIII indicaba la mecanización de las labores desarrolladas en las cecas, la oficina de fundición mejoró notablemente respecto al sistema de amonedación manual.

Dejando de lado la ampliación del taller y la separación de sus ambientes para la fundición de oro y la plata, la innovación alcanzó el aspecto técnico-instrumental de la labor. No se introdujeron tantas máquinas como habría de ocurrir en la fieltura, pero en cambio se reordenó el proceso de trabajo con el fin de acortar el tiempo e incrementar el rendimiento, y se perfeccionó el sistema de vaciado de la callana y su herramental para superar las deficiencias que venían observándose en el método antiguo.

En esta dirección, se recurrió al empleo de crisoles hechos íntegramente de hierro, o se perfeccionaron las callanas de barro, dándoles una impermeabilidad duradera.

En lo que respecta al vaciado de los crisoles, se superaron los tres problemas del antiguo régimen: 1) la lentitud de la operación que daba lugar a que parte del caldo se solidificara en la misma callana antes de concluir la faena. 2) los riesgos de retirar la callana de las horqueta estando cargada de metal líquido, y transportar al lugar del derrame y 3) las pérdidas que se sufría en el acto mismo de verter el líquido, pues parte de este no caía en las rieleras sino al suelo.

Estas dificultades se lograron vencer con la introducción de un método de vaciado que hacía innecesario retirar la callana de las horquetas que la habían sostenido durante la fundición. El nuevo método consistió en colocar delante del crisol dos soportes o "candeleros", cada cual unido por su parte superior a una horqueta a través de un travesaño (telera), sobre el cual se acomodaba la rielera⁹. La ventaja era evidente, pues para el vaciado bastaba con hacer girar la callana sin sacarla de sus soportes, y como los candeleros estaban a conveniente distancia del crisol y además eran de menor altura que las horquetas, el largo y la inclinación del travesaño permitía ir aumentando el ángulo de giro del crisol con sólo desplazar la rielera, facilitando de esta manera el llenado. Por esta circunstancia, al operario encargado de esta tarea se le dio el nombre de "corredor de rieles".

De cada callana se obtenían en promedio cincuenta rieles o lingotes monetarios, cada uno de aproximadamente dos kilogramos.

En la oficina de fundición también se dio un perfeccionamiento técnico en todo lo concerniente a la "liga", "religa" y "sobreehalación", lo que permitió obtener rieles ajustados a la ley de la moneda.

Los instrumentos de esta oficina que no sufrieron cambios fueron. El "cincho" de callana (canasta de hierro que protegía el cañón del fuelle), la cuchara de fierro (empleada en el retiro de todos los cuerpos extraños del caldo metálico), los espetones grandes (palancas que se introducían en las orejas de los brazos del cincho o de la callana para hacerlos girar), espetones de meneo, trévedes (trípodes de fierro), pailas, bateas, rolletes, pisones, arneros, tinas, yunques, cinceles para el corte de rebabas, balanzas y horno desazogador.

Durante el siglo XVIII, en la fundición de la moneda se introdujeron tres máquinas: el molino de rastra ("molino de solera y piedra vertical" accionado por una mula), el "molinete de sangre" y el "barril giratorio de incorporo" de tracción humana.

⁹. El candelero y la telera recibían el nombre de "banco de correr".

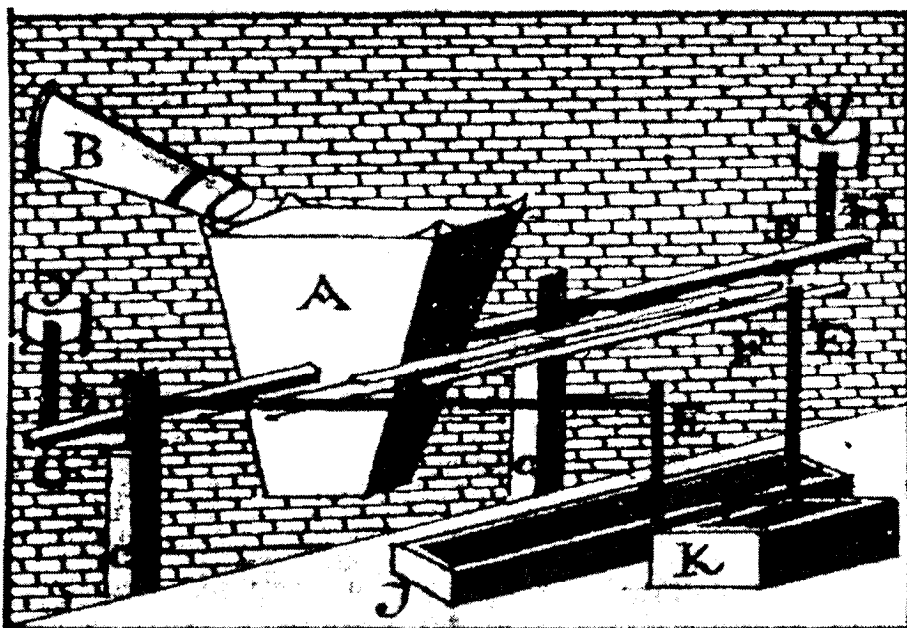


Fig. 8. Callana de la ceca de Potosí en 1772, tomada por Burzio de documentos de dicha ceca (Burzio 1958). A: Callana o crisol. B: Cañón del fuelle de hierro que provenía de una habitación contigua. C: Horquetas que sostenían los brazos de la callana. D: Brazos de la misma que permitían su sostén y desplazamiento. E: Dos soportes o candeleros para colocar teleras, que permitían mover las rieleras de arriba hacia abajo conforme se vaciaba el metal. F: Rieleras. G: Orejeras de los brazos de la callana. H: Espetones. Y: Eslabones de hierro para sujetar las horquetas. J: Ratea de madera con agua para recibir las salpicaduras del metal. K: Pilón en que se echaban los rieles.

Estos artefactos sirvieron para extraer la plata contenida en las tierras de fundición ("barreduras y escorias"). El primero sirvió para moler estos desechos, el segundo para lavar la pella del beneficio antes de desazogarla y el tercero para la amalgamación de las tierras con el azoque.

La última máquina citada merece un comentario. Su mecanismo consistía en un engranaje de ruedas y ejes que hacían girar un barril de madera. En éste se echaba el azoque, la sal y el agua requeridos y además la tierra. Sin contar el agua, el peso de todos estos ingredientes alcanzaba los 73 kilogramos, de los cuales 46 eran de tierra. Por la acción giratoria del barril, el proceso de la amalgama, que antes demoraba varios días, se reducía a unas cuantas horas, siendo esto consecuencia de las cuarenta vueltas por minuto que daba el barril, gracias a la fuerza combinada de dos hombres ("manijeros").

Para la historia de la ciencia y la técnica peruana, el barril giratorio de incorporo resulta extremadamente importante, porque, al parecer, este invento precedió en años a la máquina de amalgamación de Born (1781), que se regía por idénticos principios, aunque recurría a una rueda hidráulica motora.

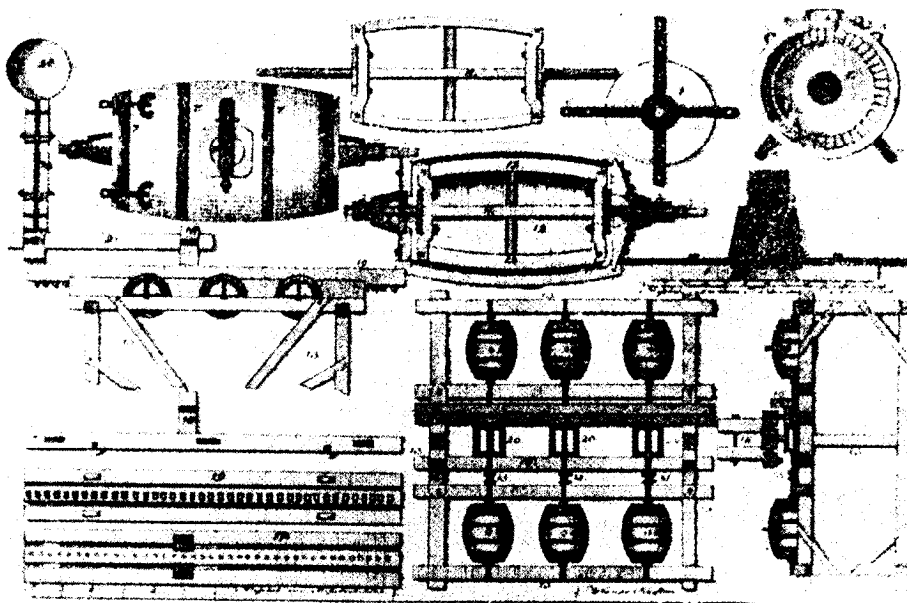


Fig. 9. Lámina del Tratado de Amalgamación del Barón de Born, miembro de la expedición de Nordenflicht. Los barriles debían girar por acción hidráulica y acelerar con ese movimiento el proceso de amalgamación en los ingenios. Finalmente la máquina propuesta por al expedición científica no fue considerada de utilidad por los usuarios mineros en que predominaban más bien la práctica y los viejos hábitos.

IV C2. EL MARCO DE PLATA EN LA FIELATURA

("MARCO EN MONEDAS")

La fielatura fue una oficina fabril enorme, compuesta de varios talleres dedicados a labores especializadas, mediando el empleo de modernas máquinas. Reemplazó a las hornazas. En ella los rieles provenientes de la fundición eran transformados en monedas circulares de cordoncillo al canto, siguiéndose la secuencia laboral que a continuación reseñamos.

Previamente calentados, los rieles eran pasados por los cilindros laminadores ("muñecas") de un molino para que adquirieran el grosor exigido por el módulo de la moneda en curso de confección.

El molino de laminar, una máquina de grandes proporciones, poseía dos pisos. El primero se elevaba por encima de los 5 metros y el segundo superaba los 2 metros. En el primer nivel ("andén") cuatro o seis mulas hacían girar un grueso eje de madera embonado en el núcleo de una enorme rueda dentada que se hallaba dispuesta horizontalmente ("rueda maestra"). Esta rotaba por acción del eje y ponía en movimiento simultáneamente cuatro ruedas colocadas perpendicularmente sobre ella en el segundo nivel de la máquina ("linternas").

El movimiento giratorio de las ruedas linternas se producía al engranar en la escalerilla (que circundaba el canto de cada una) los dientes de la rueda maestra. Cada linterna, a su vez, accionaba dos ruedas colaterales, unidas por un eje, que al dar vuelta, servía de rotor a uno de los rodillos de laminar, pues el otro se hallaba instalado entre dos chumaceras ("sortijas" insertas sobre unos soportes). La rotación de las ruedas colaterales tenía lugar conforme se iban engranando sus dientes de madera en la "escalerilla" de la linterna. Esta rueda linterna y sus colaterales configuraban un "asiento de laminar".

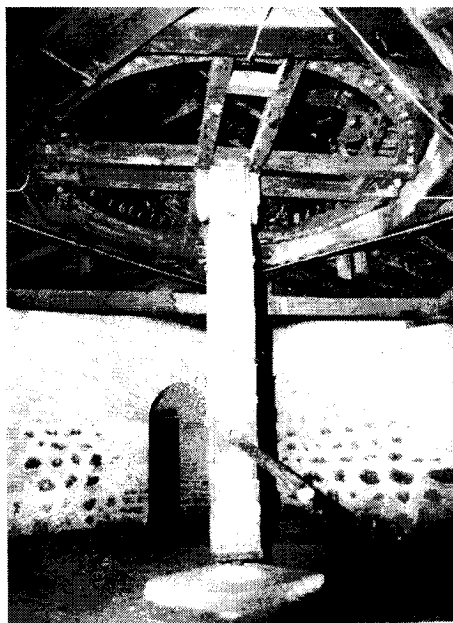
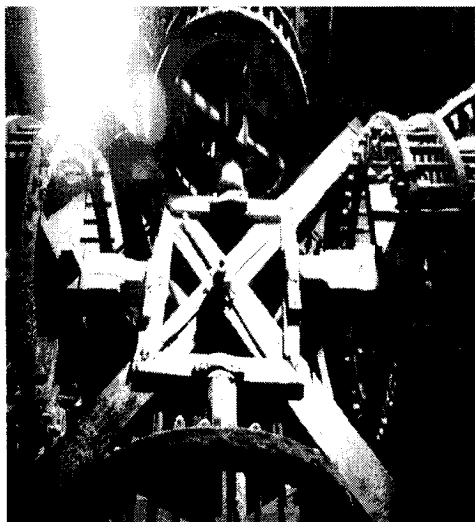


Fig. 10. Dos vistas de un molino de laminar rieles de la Casa de la Moneda de Potosí. Este ingenio poseía una gran rueda maestra que se hacía girar por tracción animal en su primer piso (abajo). En el segundo, la rueda maestra hacía girar a las cuatro "linternas", cada una de las cuales a su vez trasmitía su movimiento a dos ruedas colaterales cuyos ejes ponían en movimiento a los rodillos de laminación (arriba).

Concluida la laminación, los rieles calentados y engrasados eran estirados en un "banco de hilera", hasta llegar al ancho de la moneda en confección. Este evento se denominaba "jalar rieles". Una hilera disponía de los siguientes implementos: dos estrelleras o "arañas" (ruedas de tracción), "puentes" o soportes de la cabeza del banco y de la escalerilla, una "cabeza de banco" (plancha de hierro con un número de orificios similar al de la escalera), una "escalerilla" (plancha de bronce con orificios de diámetros distintos, siendo el más pequeño el correspondiente al ancho del flan monetario (la escalerilla se colocaba sobre la cabeza del banco), un "bolillo" o roldana de bronce (ruedita de polea para jalar la argolla enganchada al riel con el fin de pasarlo por los orificios de la escalerilla y facilitar la tracción que provenía de las arañas). Además, un banco de hileras poseía ganchos, pernos, tuercas, y argollas. Dos operarios hacían girar las arañas.

La tarea consistía en introducir el riel en el orificio mayor de la escalerilla y plancha de hierro, y sucesivamente en los siguientes, que siendo cada vez más diminutos permitían un adelgazamiento gradual de la pieza, hasta llegar al ancho buscado.

Una vez que los rieles exhibían el grosor y ancho de la moneda, pasaban a la máquina de corte ("recortador"), con cuyo auxilio se fabricaban los módulos de la moneda (cospeles).

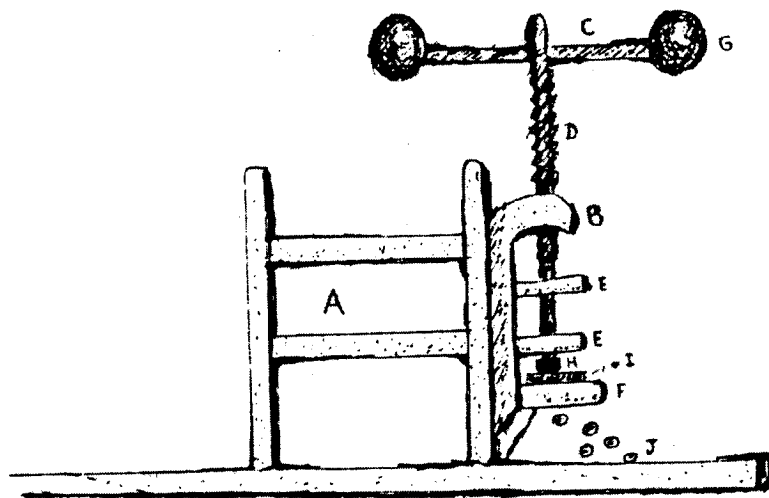


Fig. 11. Reconstrucción de una máquina de corte de las casas de moneda en el siglo XVIII. A: Armazón, B: Arbol, C: Manija o brazo, D: Tornillo o huso, E: Puentes, F: Caja o asiento de la hembrilla o boquilla. G: Bolas impulsoras del brazo, H: Cajoncillo con el macho de corte, I: Riel, J: Cospeles recién cortados. (Basada en un dibujo del siglo XVIII publicado en Glenn Murray 1988).

Este artefacto estaba dotado de un tornillo de hierro ("huso"), que se desplazaba hacia abajo por acción de una palanca giratoria ("brazo o manija") que en cada extremo tenía una bola. En su recorrido atravesaba dos puentes de bronce provistos de espigas de hierro, que los sujetaban a un árbol de bronce afirmado en un armazón. En su extremo inferior el tornillo llevaba una gargantilla de bronce, con su arpón y tuercas, y un cajoncillo en donde estaba ubicado el "macho de corte" de "acero bien afilado, de figura redonda, hueco por dentro y de diámetro proporcionado para llevarse la pieza [cospel] al mismo tiempo que la corta y forma". El macho, al momento del corte, se introducía en una boquilla de acero ("hembrilla"), que formaba parte de un asiento ("caja") empotrado en la arboladura referida.

Después de limados, a los cospeles se les imponía en sus cantos el cordoncillo con el auxilio de una máquina de acordonar. El diseño original de ésta había sido inventado en 1679 por el desafortunado ingeniero mecánico Jean Castaing. Las partes más importantes de este instrumento eran:

- a) Una "chapa" de bronce que servía de asiento o base a toda la estructura de la máquina, que estaba asegurada sobre la superficie de una mesa gruesa (banco).
- b) Adheridas a la chapa y a lo largo de ella, dos láminas de hierro de algunos milímetros de grueso, en posición horizontal y paralelas entre sí. Una era la "platina", inmovilizada por dos "cepos" y sus tornillos. La otra la "escalerilla" o "corredera", movable.

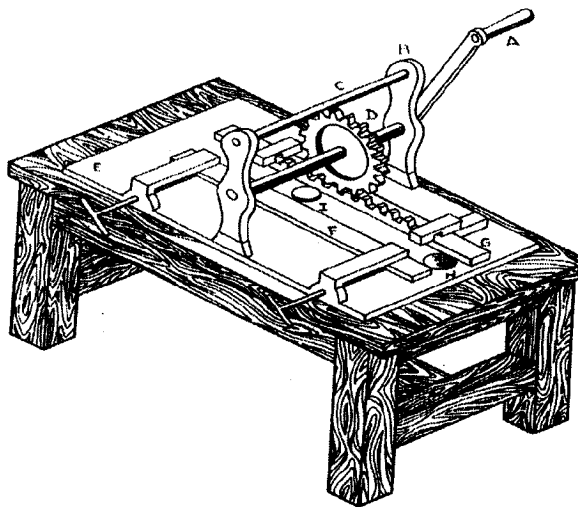


Fig. 12. Reconstrucción de un acordonador. Leyenda: A: manija, B: telera, C: Puente, D: Piñón, E: Chapa, F: Platina y cerrillo, G: escalerilla, H: Orificio de salida del cospel, I: Cospel.

- c) Una rueda o piñón de bronce, cuyo eje (árbol) era manipulado por una cigüeña ("manija").
- d) Dos paradores de fierro (teleras), unidos por dos puentes del mismo metal, aseguraban el eje de la rueda por sus dos extremos.
- e) En el canto inferior de la lámina platina estaba el "cerrillo", una laminita que tenía tallada la figura del cordoncillo.

Entre las dos láminas mencionadas, la móvil y la fija, se colocaba horizontalmente el cospel. Este se deslizaba con el desplazamiento de la escalerilla, y por este motivo, y además por estar bajo presión, le quedaba impreso en su canto el cordoncillo grabado en el cerrillo. El mecanismo hacía posible que un hombre pudiese acordonar en un solo día veinte mil cospeles.

El proceso de elaboración de la moneda concluía al ser grabados en el cospel, acordonado y bruñido, los sellos monetarios de anverso y reverso que le eran correspondientes. La acuñación, último evento de la confección, se llevaba a cabo en el taller del "bolante" o "balancín".

Inventado a mediados del siglo XVI por el orfebre Max Schwab, a quien los documentos de la época llamaban "Chevalier du Saint Sepulcre", el primer diseño de esta máquina correspondió a un volante de medio cuerpo que el rey francés Enrique II hizo instalar al borde del río Sena para sellar medallas.

En 1645, no obstante la protesta de los acuñadores de yunque y martillo, Luis XIV dispuso que el invento sea usado en la ceca parisina.

En el Perú colonial, el primer volante se instaló en la casa de Lima en 1751. Muy semejante al de Schwab, poseía las piezas siguientes: un zoclo y sus pilares de bronce (parte superior de la armadura o castillo del volante y sus parantes), un husillo o tornillo de fierro, un cajón móvil o guía (que transportaba el cuño o cuadrado superior), una gargantilla de bronce con su arpón de fierro y sus tuercas (que colocada en el extremo inferior del huso permitía la fijación del cajón guía), una maceta, aditamento que en la base de la máquina aseguraba firmemente el cuño que debía permanecer fijo, y un brazo de fierro con una bola, cada una de un peso que promediaba los cincuenta kilogramos (Figs 13 y 14).

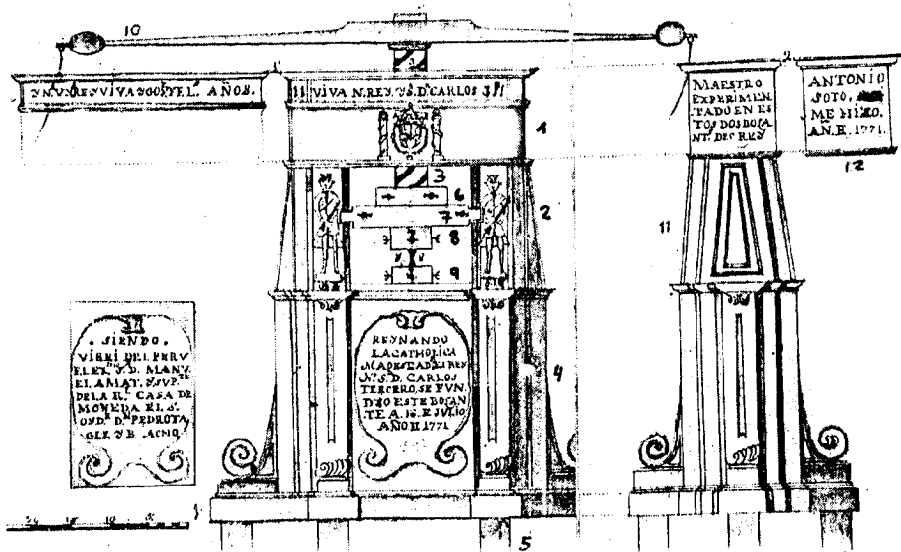


Fig. 13.

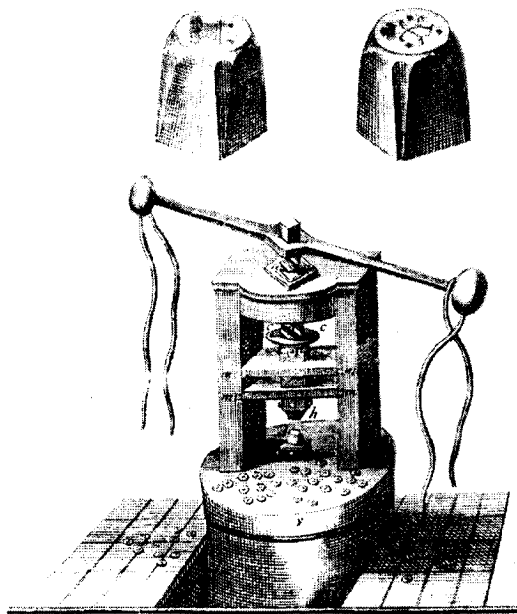


Fig. 14.

En la operación de acuñación, el cospel era encimado sobre el cuño inmóvil y acto seguido se provocaba la rotación del husillo, que al descender y golpear el flan le imprimía a un lado la impronta del cuño que traía consigo, mientras que simultáneamente y por acción del mismo impacto, el sello del cuño, fijado en la maceta, quedaba estampado en la cara opuesta del flan. El proceso de fabricación de la moneda circular había llegado a su fin y las monedas puestas en talegas de cuero eran guardadas en una caja de tres llaves (*Fig 15*).

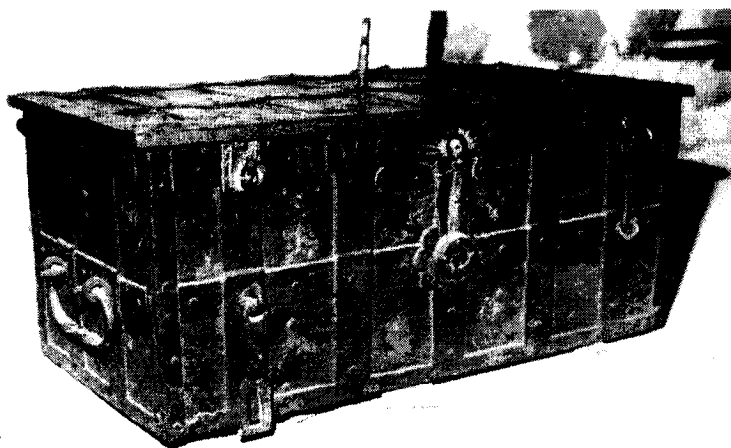
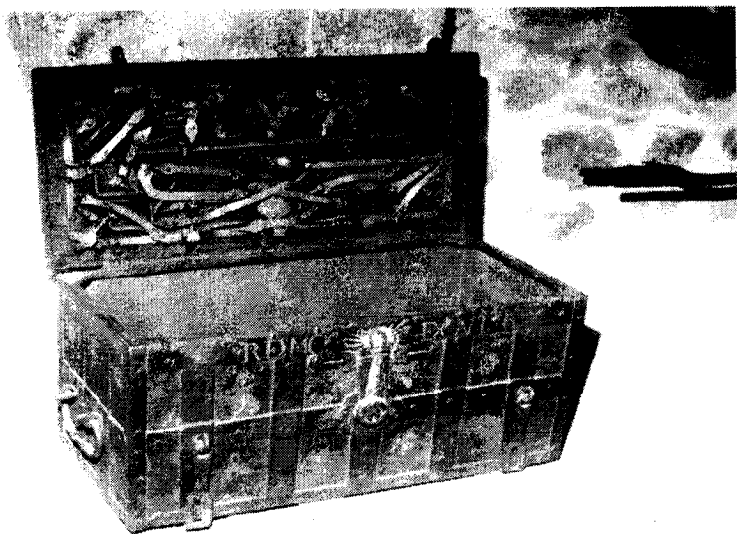


Fig. 15.

Los resultados finales de los dos sistemas técnicos de confección de la moneda colonial pueden ser vistos en estos ejemplares (fig. 16); al centro, 8 escudos, cordoncillo de oro del tipo "busto" con la efigie de Fernando VI sellado en Lima y que data de 1758. Al extremo superior derecho, reverso de otro cordoncillo, 8 reales de plata sellados en Lima en 1755 mostradas por Las columnas de Hércules portando de rótulo "Plus Ultra". Al extremo superior izquierdo, 8 reales macuquinos acuñados en Potosí, sin datación exacta, mostrando en el anverso el llamado "escudo coronado de dominios" del reino español

Al extremo derecho, un enorme 8 reales macuquino procedente de Potosí, sellado en 1680 y con una cruz en cuyos campos se encuentran castillos y leones. Al extremo izquierdo, un valioso 4 reales del siglo XVI (probablemente entre 1568-69) correspondiente a Las primeras emisiones de la Real Casa De Moneda de Lima y de toda Sudamérica.

En el extremo inferior derecho, una tosca moneda de 8 reales potosina, macuquina columnaria no databa con precisión pero posterior a 1652. Al extremo inferior izquierdo, anverso de 8 escudos de oro macuquinos, moneda acuñada en Lima en 1742.

Todas estas monedas pertenecen a la colección numismática del Banco Central de Reserva del Perú. Del libro Economía Colonial y Regimen Monetario Perú : Siglo XVI-XIX.



Fig. 16.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS ANTIGUOS

Agrícola, Georgius: De re metalica, 1556, New York, 1950

Barba, Albaro Alfonso: Arte de los metales (1640). Potosí, 1967.

Cano Melgarejo, Cristóbal: discurso legal y jurídico en defensa de don Cristóbal Cano Melgarejo, Ensayador Mayor que ha sido de los reynos del Perú e interino de la Real Casa de Moneda de Lima, Lima, 1738.

Cobarruvias y Orozco, Sebastián de: Tesoro de la lengua castellana o española. Madrid, 1611.

Diccionario de la Lengua Castellana, Madrid, 1726. (Edición facsimilar, 1963).

Estevanez de Azevedo, Juan: Práctica de repartición y buen uso de indios y azogue. Potosí, 1650.

Leyes de la Recopilación de Castilla, Madrid. 1775.

Llanos, García de: Diccionario y maneras de hablar que se usan en las minas y sus labores en los ingenios y beneficios de los metales (1609). La Paz, 1983.

Llano Zapata, José Eusebio de : Memorias Histórico Físicas Apologéticas de la América Meridional. Lima, 1904.

Pluché, Noel: Espectáculo de la naturaleza o conversaciones acerca de las particularidades de la Historia Natural que han parecido más a propósito para excitar una curiosidad útil y formarles la razón a los jóvenes lectores, Madrid. 1785.

Terreros y Pando, Esteban de: Diccionario Castellano con las voces de ciencias y artes y sus correspondientes en las lenguas francesa, latina e italiana, Madrid, 1786.

DOCUMENTOS

Archivo General de la Nación del Perú, manuscrito. Sección Casa de Moneda. Inventario de lo que recibe y se hace cargo el Conde de San Juan de Lurigancho, Tesorero de la Casa de la Moneda de Lima.

Archivo de la Casa de Moneda de Potosí. Manuscrito. Casa de Moneda, sin catalogar. Inventario de hornaza de 1624.

Archivo de la Casa de Moneda de Potosí. Manuscrito, Casa de Moneda, sin catalogar. Inventario de Fundición de 1646.

TEXTOS MODERNOS:

Angulo Iñiguez, Diego: Planos de documentos arquitectónicos de America y Filipinas existentes en el Archivo de Indias.

Bargalló, Modesto: La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial. México-Buenos Aires, 1955.

- Balauvre, J.: "L'avenement du balancier dans l'histoire de la medaille fancaise". Le Club Francaise de la Medaille, No. 4, 1964, segundo trimestre.
- Burzio, Humberto: Diccionario de la moneda hispanoamericana. Santiago de Chile, 1958.
- Burzio, Humberto: La ceca de la villa imperial de Potosí y la moneda colonial. Buenos Aires, 1945.
- Ewing Jr., George E.: "A remembrance of Jean Castaigne". American Numismatic Society Review.
- Lazo García, Carlos: Economía colonial y régimen monetario, Perú, siglo XVI-XIX, BCRP, Lima, 1992.
- Luque Luque, Juvenal: Tecnología del barril amalgamador de Born en el Perú, siglo XVIII. Lima, 1993.
- Mercier, Paul: "La fabrication des medailles". Le Club Francaise de la Medaille. No. 13, 1966, cuarto trimestre.
- Vignale, Pedro Juan: La Casa Real de Moneda de Potosí. Buenos Aires, 1943.