CAPÍTULO VII: **Factibilidad Técnica-Económica de la Producción de Carbón Activado a partir de Hueso de Aceituna y Madera de Olivo**

VII.1. Situación General

La Planta Piloto de elaboración de Aceite de la Cooperativa Los Doce Olivos, UNCA, con la cual se plantea llevar a cabo la instalación de un horno para producir CA a escala semindustrial, anualmente procesa alrededor de 430 toneladas de olivas generando cerca de 344.000 kg de alperujo de los cuales 51.600 kg son de carozo y 86.000 kg de pulpa, siendo el carozo la materia prima prevista para generar CA. En un principio se considera que se procesará el hueso generado en la planta de aceite de oliva, en un futuro y con el escalado correspondiente, se podría extender al procesamiento de los huesos de las aceiteras de la provincia de Catamarca estimadas en aproximadamente 6.240 toneladas de hueso (Gallina, *et al.*; 2015).

Se considera como materia prima alternativa, los residuos de poda del olivar, una biomasa aún más abundante y disponible para procesar en la producción de CA, teniendo en cuenta la cantidad de hectáreas con plantaciones de olivo bajo el sistema intensivo en el Valle Central en las que la poda es una de las prácticas anuales más importante para el mantenimiento del olivar.

Los resultados producidos a escala laboratorio para generar el CA a partir de los dos precursores involucrados en el presente estudio, han orientado sobre los métodos de tratamientos que fueron más eficientes desde el punto de vista del proceso y de la calidad del producto final para tomarlos como base para ser replicado a escala semindustrial.

Con este fin se trabajó en forma conjunta con el Departamento Química de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (carrera Ingeniería Química) para lograr la realización de un diseño del prototipo de horno adecuado.

Además de las consideraciones nombradas previamente para el diseño del horno se tomaron en cuenta también que la operación y la instalación del horno fuera de baja complejidad y que los materiales para su construcción estuvieran en lo posible disponibles en el mercado nacional. Se consideró, además, la posibilidad de adaptación del horno para procesar diferente tipo de materia prima y la ductilidad en el manejo de diversas condiciones de trabajo (temperaturas, tiempos de reacción, tipo de activantes).

VII.2. Estudio de factibilidad técnica

En el estudio de factibilidad técnica se tuvo como prioridad el proyecto de diseño del horno de producción de CA a mayor escala (piloto). El horno diseñado contará con una zona de recepción de materia prima (tolva de alimentación), un primer cuerpo, donde se llevará a cabo la reacción de carbonización y el calentamiento hasta los 600 ºC (en atmósfera libre de oxígeno); y un segundo cuerpo, donde se elevará la temperatura hasta los 800 ºC, y se agregará una fina corriente de agua para favorecer la reacción de activación, con su consecuente desprendimiento de vapor de agua. La misma agua condensada recirculará para lograr el enfriamiento del producto logrado antes de ser retirado del horno evitando posibles focos de ignición al entrar en contacto con la atmósfera exterior.

Para realizar este diseño se han considerado experiencias llevadas a cabo en otros procesos investigativos tales como los de Riquelme (2014), Bastidas *et al.* (2012), García *et al.* (2011) y Jurado *et al.* (2003).

Respecto de la energía empleada en el proceso estará provista por gas licuado, el cual se comenzará a quemar en el segundo cuerpo, sus productos de combustión pasarán al primer cuerpo, y luego precalentarán el material de partida en la tolva. En otras palabras, se propone un intercambio térmico a contracorriente.

En el diseño se prevé cuatro zonas referidas a las operaciones principales del horno (Figura VII.1), las cuales se describen brevemente a continuación:

Recepción de materia prima:

Se realiza en una tolva que alimenta al horno de carbonización teniendo en cuenta el tamaño de partícula de la materia prima y su humedad. Se destaca de modo específico la recuperación de los gases de combustión provenientes de la carbonización y activación atravesando las partículas de materia prima desde abajo hacia arriba (flujo en contracorriente) disminuyendo la posible humedad que esta pudiera tener al ingresar al primer cuerpo del horno.

Carbonización:

Corresponde al primer cuerpo del horno, constituido por un cuerpo cilíndrico de acero, con un tornillo sinfín en su interior, que traslada el material hacia la salida, el mismo se calienta externamente con los gases de combustión provenientes del segundo cuerpo del horno. El horno en esta parte cuenta con un sistema aislante que está conformado ladrillo refractario, fibra cerámica y lana de vidrio. La materia prima comienza a procesarse por el calentamiento para su carbonización cuando se llega finalmente a los 600 °C.

El diseño considera el aprovechamiento de los gases de pirólisis como combustible, reduciendo los gastos por consumo de gas licuado, minimizando la condensación de alquitranes (compuestos sin tratamiento afectan el ambiente y al mantenimiento de los hornos).

Activación:

El material que sale del primer cuerpo ingresa al segundo cuerpo que consiste en un cilindro rotatorio levemente inclinado, formado por carburo de silicio, compuesto adecuado para soportar las altas temperaturas (internamente 800-850 ºC) de la activación. Este posee un sistema aislante construido con ladrillo refractario en la cara interior, y fibra cerámica y lana de vidrio en el exterior, todo revestido externamente por láminas de aluminio como cierre resistente. Cuando el material logra los 800 ºC, se aplica el agua en forma de lluvia como una fina niebla, para lograr la activación (vapor de agua):

$$C(s) + H_2O(v) \leftrightarrows CO(g) + H_2(g) \quad \Delta H = 122{,}6\ KJ/mol$$

Esta es una reacción endotérmica (requiere energía del medio para ocurrir), lo cual permite la activación del carbón con su consecuente enfriamiento. Esta parte del proceso tiene en cuenta no agregar agua en exceso debido a que esto implica agregar humedad al producto final.

Enfriamiento:

El producto logrado se enfría evitando el contacto con la atmósfera y por lo tanto su autoignición y adsorción de humedad. Al finalizar el segundo cuerpo se aplica agua nuevamente, esta vez con el objetivo de enfriar el producto hasta los 250 a 300 °C, previo a la salida del equipo.

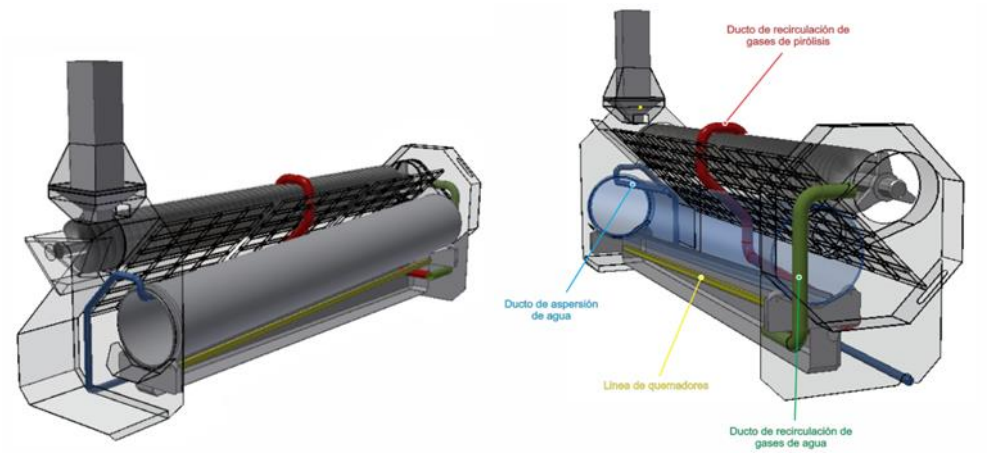

Figura VII.1. Diseño del horno para obtención de CA y sus correspondientes ductos (Celiz, Forneris, 2018).

VII.3. Estudio de factibilidad económica

Luego de realizar consideraciones para alcanza la viabilidad ambiental y técnica del diseño de un horno (reactor) a escala semi-industrial resulta relevante realizar un análisis de factibilidad económica.

En primer lugar, se realiza un análisis de costos generales referidos a la construcción del reactor por rubro.

Tabla VII.1. Análisis de costos en la construcción del horno de CA a escala semindustrial.

Rubros	Costos
Materiales e insumos de construcción	$ 225.000
Mano de obra de construcción del horno	$ 100.000
Materiales de construcción para instalación del horno	$ 26.000
Total	$ 351.000

La tabla VII.1. resume un análisis global de los costos para la construcción del horno y la tabla VII.2. presenta un análisis de costos de operatividad del horno basado en un estudio detallado de investigaciones ya realizadas sobre este tema (Celis y Forneris, 2018).

Si se considera que para una tonelada el costo total de operatividad es de $ 576.920 y suponiendo que las toneladas logradas con HA serán de 10 y de MO otras 10 (rendimiento medio del 20 % del proceso respecto de la materia prima empleada).

Tabla VII.2. Egresos generados por el funcionamiento del horno. (Celiz & Forneris, 2018)

Costo de operatividad (egreso) del horno	$/kg de CA
Costo de energía eléctrica/kg de CA	1,46
Costo de gas licuado/kg de CA	11,28
Costo de mano de obra extra/kg. de CA	15,72
Costo operativo total/kg de CA	28,46
Costo operativo total/tonelada de CA	28.846
Costo operativo anual por campaña	576.920

El precio de la tonelada de CA de uno de los principales importadores de Argentina (México) es de US$ 2.388 o sea $ 59.700 (datos extraídos de ITC, Centro Internacional de Comercio) con el precio dólar oficial en Argentina de $ 25 (Julio 2018), si se pretende producir al menos 20 toneladas en el primer año, la ganancia bruta sin IVA sería $ 1.194.000. En caso de fluctuar el precio del dólar se modificarán los valores presentados en el cuadro VII.1 y VII.2, como así también el precio en tonelada del producto estudiado.

Resulta importante acotar que el gasto de traslado de la materia prima tal como el carozo de aceituna es cero, situación diferente para la MO debido a necesidad de traslado desde los olivares a la planta (distancia entre 5 y 10 km sobre Ruta Nº 38) lo cual es posible.

Se pretende hacer un cálculo del VAN (valor actual neto), un valor que permite la evaluación de la viabilidad economica de un proyecto y del beneficio económico que se puede obtener a lo largo del tiempo, no se analiza el ahorro de los costos en lo que se refiere a disponibilidad de materia prima y ni las externalidades de los costos ambientales propios de la Cooperativa inherentes a su funcionamiento.

Se estima que el costo de mantenimiento anual del horno hasta el quinto año es del 1 % del valor a nuevo del bien, luego podría requerir un mayor monto. Este ítem está relacionado con los costos de amortización anuales.

La amortización de un equipamiento está en relación directa con su valor actual y su vida útil, se calcula la cuota de amortización anual por el método lineal (valor actual/años de vida útil); para el horno de CA sería de $ 35.100 considerando que su tiempo de vida útil sería 10 años de amortización.

El Valor Actual Neto (VAN) es la suma de los flujos de caja anuales actualizados deducido el valor de la inversión., considerando que los flujos de caja son estimaciones de cuánto dinero se gana con una inversión para cada período durante el cual se perciba ingresos provenientes de esa inversión (Hazlitt & Rallo, 2011; Sowell, 2013).

Se aplica la siguiente fórmula para calcular el VAN donde a los flujos netos (ingresos-egresos) le llamamos: FFN, a la tasa de descuento seleccionada k y al desembolso inicial o inversión inicial: I.

$$VAN = -I + \frac{FFN}{(1+k)^1} + \frac{FFN}{(1+k)^2} + \frac{FFN}{(1+k)^3} + \frac{FFN}{(1+k)^4} + \frac{(FFN + \frac{R}{2})}{(1+k)^5}$$

Para este caso en particular suponemos un período de tiempo de 5 años y al cabo de este período de tiempo se deberá realizar una inversión ya sea para un mantenimiento general o innovación relacionada con la optimización del funcionamiento del horno.

En función de lo observado y la información recabada, se supone que los operarios que trabajan habitualmente en el procesado de la aceituna tienen suficiente disponibilidad de tiempo debido que las actividades relacionadas con la producción de CA serán realizadas en épocas del año diferentes a la campaña productiva del olivo relacionada con el aceite de oliva (Marzo-Junio).

En la inversión inicial se tomó como base los $ 351.000 del horno más un 20 % de capital de trabajo, $ 70.000, por lo tanto, es en total igual a $ 421.000 (I).

Para calcular la tasa de descuento se toma en cuenta en primer término a la Tasa Interna de Subsidio empleado para la construcción del horno ($ 351.000, 83 %), el cual no tiene incidencia en el cálculo de k y para el aporte de la UNCA en RRHH que es $ 70.000 se tiene una Tasa Interna de Aporte igual al 17 % (0,17) que multiplicado por el porcentaje de aporte considerando igual al 28 % (0,28), (Tasa Interna del Plazo Fijo a 30 días), arroja un valor de 4,76 % (0,0476).

Como el valor de K calculado es muy bajo, tomamos como base para calcular el VAN; K: 0,28, que es la Tasa Pasiva de Plazo Fijo (28 %). Resulta importante aclarar que todos los cálculos referidos al VAN fueron realizados a valores de dólar de Julio 2018 y que este impacta de igual modo en todos los ítems considerados con este fin.

El cálculo de impuesto se logró considerando la diferencia entre los ingresos y los egresos sumado a las amortizaciones y aplicando el 35 % a ese valor.

En el quinto año se tiene además en cuenta para el cálculo del VAN el valor que tendría el horno en ese momento, se considera la mitad de su valor ($ 175.500), (R/2).

Con las siguientes expresiones y aplicando la fórmula correspondiente se calculó el VAN con y sin impuestos (exención de impuestos a Cooperativas, Infobae, 2018).

$$VAN = \$\left[\frac{413.387}{1,28} + \frac{413.387}{(1,28)^2} + \frac{413.387}{(1,28)^3} + \frac{413.387}{(1,28)^4} + \frac{413.387 + 175.500}{(1,28)^5}\right. - \$\ 421.000 =$$

$$VAN = \$\ 677.066,98 \quad (1)$$

$$VAN = \$\left[\frac{617.080}{1,28} + \frac{617.080}{(1,28)^2} + \frac{617.080}{(1,28)^3} + \frac{617.080}{(1,28)^4} + \frac{617.080 + 175.500}{(1,28)^5}\right] - \$\ 421.000 =$$

$$VAN = \$\ 1.183.447,05 \quad (2)$$

Tabla VII.3. Cálculo del VAN para la planta de CA

Años (campañas)	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ventas (kg)		20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Precio por kg		$ 50,14	$ 50,14	$ 50,14	$ 50,14	$ 50,14
Ingresos		$ 1.194.000	$ 1.194.000	$ 1.194.000	$ 1.194.000	$ 1.194.000
Egresos		-$ 576.920	-$ 576.920	-$ 576.920	-$ 576.920	-$ 576.920
Impuestos		-$ 203.693	-$ 203.693	-$ 203.693	-$ 203.693	-$ 203.693
Flujos de fondo Neto con impuestos (1)		$ 413.387	$ 413.387	$ 413.387	$ 413.387	$ 413.387
Flujos de Fondo Neto sin impuestos (2)		$ 617.080	$ 617.080	$ 617.080	$ 617.080	$ 617.080
Amortizaciones		$ 35.100	$ 35.100	$ 35.100	$ 35.100	$ 35.100
VAN (con impuestos) (1)	**$ 677.066,98**					
VAN (sin impuestos) (2)	**$ 1.183.447,05**					

Es decir que el Flujo de Fondo Neto por período logrado sin impuestos por el proyecto es de $ 617.080 y mediante el cálculo de la ecuación planteada

se obtuvo el VAN considerando la tasa de descuento igual a la tasa de interés del plazo fijo (K), cuyo valor es $ 1.183.447,05 y con el Flujo de Fondo Neto con impuestos es $ 413.387 y el VAN resultó igual $ 677.066,98.

Los valores del VAN resultan positivos por lo tanto el proyecto es viable desde el punto de vista económico-financiero.

Si bien es un proyecto de innovación tecnológica que genera una nueva línea productiva, tiene también como objetivo lograr un beneficio social donde el destinatario final es una cooperativa de pequeños productores olivícolas y oleícolas. Es decir que se genera un desarrollo tecnológico y ambiental para la Planta de Aceite de Oliva al tratar y emplear residuos como materia prima de un producto con elevado valor agregado.

En resumen, el proyecto de escala piloto tiene posibilidades de mejorar la ecología local, teniéndose en cuenta el respeto medioambiental y el bienestar social y generando un efecto de tracción de desarrollo económico en su área de influencia regional (Calderón, 2008).