



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

cpc@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión
Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Herrero-Hechavarría, Demián; González-Díaz, Liliana; Castaño-Cardoza, Taimí; Frómeta-Salas, Zenaida Paulette

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN
DE ÁRIDOS RECICLADOS MIXTOS EN SANTIAGO DE CUBA

Ciencia en su PC, núm. 4, octubre-diciembre, 2016, pp. 1-21

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181351126001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS MIXTOS EN SANTIAGO DE CUBA

EVALUATION OF DE TECHNICAL-ECONOMICAL FEASIBILITY OF DE PRODUCTION OF MIXED RECYCLED AGGREGATES IN SANTIAGO DE CUBA

Autores:

Demián Herrero-Hechavarría, demian.herrero@iproyazsc.azcuba.cu.
Empresa de Ingeniería y Proyectos Azucareros [IPROYAZ]. Santiago de
Cuba, Cuba.

Liliana González-Díaz, liliana@uo.edu.cu¹

Taimí Castaño-Cardoza, taimi@uo.edu.cu¹

Zenaida Paulette Frómeta-Salas, paultette@uo.edu.cu¹

¹Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

El consumo de áridos es un indicador importante del desarrollo de un país. La construcción de viviendas y obras públicas prioritarias: aeropuertos, centrales energéticas, carreteras, demanda áridos, que son cada vez más escasos. En contraste, cada día crece en las ciudades la generación de escombros de construcción, que provocan impactos negativos al medioambiente. Evaluar la factibilidad del empleo de escombros para producir áridos reciclados mixtos (ARM) constituyó el objetivo de la investigación, cumplido mediante el empleo de la Metodología de evaluación de inversiones del Ministerio de Economía y Planificación de Cuba. Se realizó un estudio de mercado para evaluar la demanda de áridos y los posibles competidores, se diseñó una planta de reciclaje y se determinaron los principales indicadores de rentabilidad de la inversión como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Se demostró que la producción de ARM es factible técnica y económicamente y representa un impacto favorable al medioambiente.

Palabras clave: *agregados, reciclaje, construcción, factibilidad.*

ABSTRACT

Consumption of aggregates is an important indicator of the development of a country. The construction of housings, roads and prioritized public works: airports, power stations, roads; demands aggregates, which are every day more scarce. In contrast, every day the generation of construction debris grows in cities, which cause negative impacts to the environment. The feasibility evaluation of the use of construction debris to produce mixed recycled aggregates (ARM) was the objective of the research, accomplished through the use of the Investment Assessment Methodology of the Ministry of Economy and Planning of Cuba. A market study was carried out to assess the demand of aggregates and potential competitors, a recycling plant was designed, and the main rentability indicators of the inversion such as net current value (VAN) and internal rate of return (TIR) were determined. It was demonstrated that the production of ARM is feasible technically and economically and represents a favorable impact to the environment.

Key words: aggregates, recycling, construction, feasibility.

INTRODUCCIÓN

El hormigón es el material más usado en la industria de la construcción a nivel internacional y en Cuba, debido a las facilidades técnicas que brinda, su versatilidad, durabilidad, así como el relativo bajo costo de producción. La tendencia al agotamiento de las reservas naturales impone la búsqueda de alternativas para incrementar las disponibilidades de los áridos, que representan el componente mayoritario del hormigón, al constituir el 75 % de su peso.

En el año 2015 se produjeron aproximadamente 48,3 billones de toneladas métricas de áridos para el consumo global, con un incremento estimado por año de un 5,2 %; por lo cual para el 2020 la demanda puede superar los 60,000 billones de toneladas métricas (Bouso, 2014), lo que repercute en el agotamiento de las reservas naturales de esta materia prima, que no es renovable. En la industria de la construcción de Cuba, el hormigón también constituye el material que más se utiliza, con una gran demanda de este producto y en consecuencia de áridos como materia prima fundamental.

La problemática con los áridos se manifiesta de igual forma en la provincia Santiago de Cuba, que acelera un amplio proceso inversionista para revertir las afectaciones que originó el huracán Sandy en el año 2012. Este abarca la ejecución de 29 400 viviendas y la reparación de más de 150 000 edificaciones. Este fenómeno meteorológico impactó el 54,3 % del fondo habitacional santiaguero. Los daños se cuantificaron en 15 888 derrumbes totales, 22 177 derrumbes parciales, 50 585 techos totalmente destruidos y 82 729 techos afectados de forma parcial (Arner, Roca y Vaz, 2015).

El auge constructivo que produjo la recuperación después del desastre y la celebración del aniversario 500 de la fundación de la villa santiaguera, propiciaron que en 2014 la demanda de producción de áridos ascendiera a 390 millones de metros cúbicos y en el año 2015 superó los 397 millones de metros cúbicos, según datos suministrados por la Empresa de Materiales de Construcción (Vermac, 2014). Sin embargo, la capacidad productiva de las plantas de

producción de áridos y las reservas existentes en canteras no permiten satisfacer la demanda existente.

Por otra parte, los desastres climatológicos y la posterior recuperación y reconstrucción generan gran cantidad de residuos no degradables, que al almacenarse en los vertederos provocan un impacto negativo al medioambiente. La generación habitual de estos residuos se estima en 15 000 m³ al año en ciudades como La Habana, y del orden de 8000 m³ en cabeceras municipales como Santiago de Cuba (Pavón, Etxeberría y Díaz, 2012).

En este escenario, se presenta el reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs) como una “alternativa probada a nivel internacional para reducir el impacto ambiental que provoca la deposición irregular de los mismos, mitigar el déficit de áridos y reducir el empleo de recursos naturales” (Meyer y Liu, 2004, p.5).

Si se tiene en cuenta el elevado grado de deterioro del fondo habitacional de Santiago de Cuba, la alta demanda constructiva y los grandes volúmenes de desechos que se generan; el reciclaje de RCDs podría ser una opción eficaz, que contribuya a mitigar tanto la escasez de áridos, como los daños que ocasiona al medioambiente la deposición de estos residuos, lo que favorece el desarrollo sostenible de la industria de materiales de construcción. Sin embargo, persisten incertidumbres acerca de si es factible la producción de ARM en las condiciones del territorio, lo que constituye el problema de investigación. El objetivo general se sustenta en evaluar la factibilidad técnico-económica de la producción de áridos reciclados mixtos a partir de los RCD en Santiago de Cuba.

METODOLOGÍA

Para evaluar la factibilidad técnico-económica de la producción de áridos reciclados mixtos provenientes de residuos de construcción y demolición fue necesario diseñar una planta de reciclaje emplazada en las cercanías del vertedero Gascón en Santiago de Cuba. Para llevar a cabo el estudio se utilizó las

Bases Metodológicas para la elaboración de estudio de factibilidad de un proyecto de inversión industrial del Ministerio de Finanzas y Precios de Cuba (1998) que organiza el análisis en las siguientes etapas:

1. Antecedentes y objetivos del proyecto
2. Mercado y capacidad de la planta: análisis de la demanda y el mercado, pronóstico de ventas y comercialización, capacidad de la planta y programa de producción.
3. Materiales e insumos del proyecto: materias primas, materiales y servicios públicos.
4. Localización
5. Ingeniería del proyecto: tecnología, equipos, obras de ingeniería civil.
6. Mano de obra
7. Evaluación económica financiera: evaluación de indicadores de rentabilidad del proyecto como el VAN, el TIR y el período de recuperación de la inversión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se diseñó la planta de reciclaje según se muestra en la Fig.1

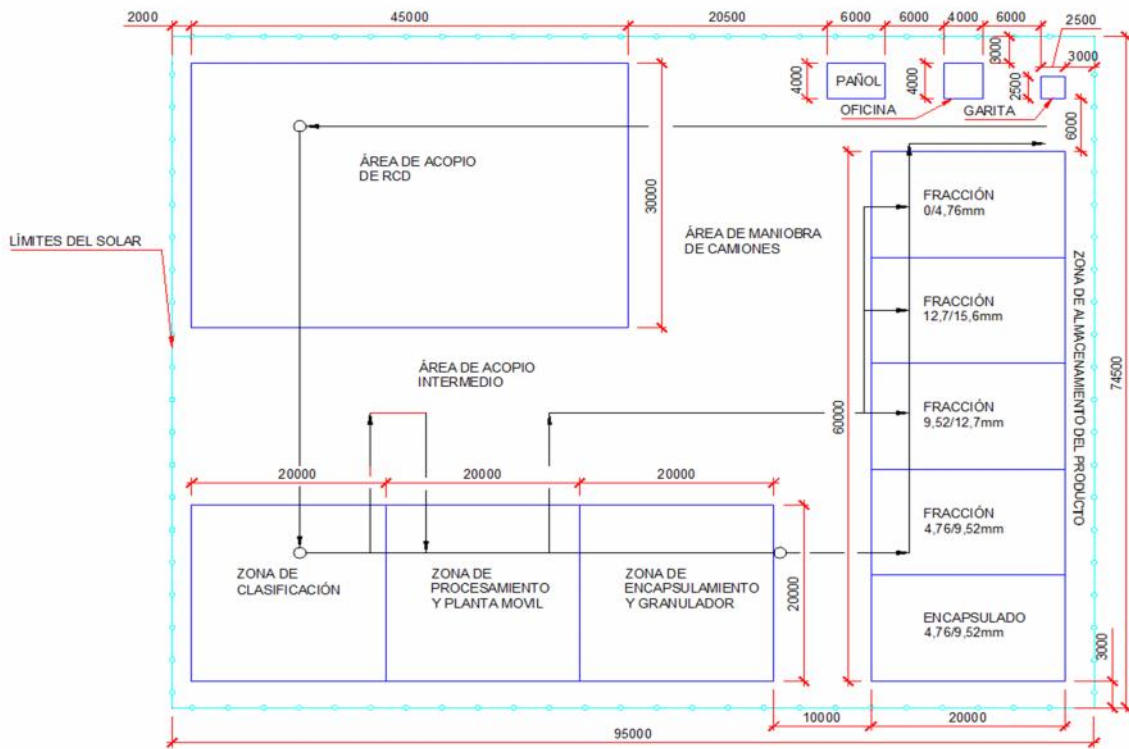


Fig.1. Planta de reciclaje de escombros. Fuente: Elaboración propia.

La planta ocupa un área de aproximadamente $1\,200\text{ m}^2$, que permite la colocación y traslado de los equipos sin afectar el flujo productivo. El proyecto de montaje de la planta de reciclaje se compone de las áreas siguientes:

- Área de recepción: para el control del volumen de escombros en la entrada.
- Área de clasificación y tratamiento de RCDs: planta rectangular de $60,00 \times 20,00\text{ m}$, $1\,200\text{ m}^2$. En ella se ubicará la planta de reciclaje y el minicargador XCMG.
- Local de oficina: dimensiones de $4 \times 4\text{ m}$ para la administración de la planta.
- Área para el almacenamiento de los áridos reciclados: dimensiones de $40 \times 30\text{ m}$, cinco compartimentos para el almacenaje de al menos 600 m^3 de áridos: 190 m^3 para fracción fina $0 - 4,76\text{ mm}$, 380 m^3 para las fracciones $4,76-9,52$

(3/8") y 9,52 - 12,7 (1/2") y 30 m³ de áridos encapsulados (aproximadamente el 10 % de la fracción 4,76 - 9,72 mm), que corresponde a la producción de 5 días laborables.

- Almacén de herramientas, repuestos y lubricantes.

Antecedentes y objetivos del proyecto de planta de procesamiento de RCDs

El proyecto de la planta de reciclaje fundamenta su pertinencia en la solución a la problemática que presenta el territorio santiaguero en cuanto a las limitaciones en la producción de áridos, así como la creciente generación de RCDs, a partir de la producción de áridos reciclados mixtos. Se evalúan los criterios técnicos y económicos que evidencian la factibilidad de la inversión.

Mercado y capacidad de la planta de procesamiento de RCDs

En el estudio de mercado se identifican como clientes o usuarios potenciales las empresas constructoras de la provincia, lideradas por Codesa, la Unidad Provincial Inversionista de la Vivienda, el Mincin a través de su sistema de ventas de materiales a los constructores por esfuerzos propios, así como las cooperativas de producción no agropecuaria. Se identifica como principal competidora la Empresa de Producción de Materiales de Construcción [Vermac], que comercializa áridos tanto al sector privado como estatal. También existe competencia, pero en un rango menor, en los productores privados.

La Industria de Materiales de Construcción de Santiago de Cuba tiene en explotación 10 yacimientos de áridos. El municipio Santiago de Cuba se abastece de las canteras Los Guaos, Juraguá, Siboney, Mucaral, Yarayabo, Dos Palmas, Maceira, Vaquería, Los Dorados y Baitiquirí. De ellas, solo dos se localizan en el municipio: Los Guaos (áridos grueso y fino) y Juraguá (arena lavada), que en la actualidad se encuentra en fase de agotamiento y sus producciones no resultan suficientes para satisfacer la demanda. Las restantes producen piedra y polvo de piedra y se encuentran a una distancia de tiro de 35 a 86 km, lo cual incrementa los costos de transportación.

La demanda de áridos en el territorio en el 2015 ascendió a 397 Mm³ (VERMAC, 2015). La producción de áridos en el año 2014 (373,3 Mm³) no satisface la demanda actual, lo que ofrece una oportunidad para la comercialización de los áridos reciclados mixtos que se planifican producir en esta planta de reciclaje.

Materiales e insumos del proyecto

La materia prima para producir áridos reciclados mixtos proviene de los residuos de construcción y demolición que se generan en el territorio. Existe gran disponibilidad de residuos, generados por los daños provocados por el huracán Sandy e incrementados por las tareas de recuperación y reconstrucción, así como por las acciones constructivas en ocasión del 500 aniversario de la villa santiaguera.

De igual manera, la disponibilidad de materia prima está asegurada en los años venideros debido a que la generación habitual de residuos sólidos urbanos se estima en el orden de un millón y medio de metros cúbicos, de los cuales aproximadamente el 10 %, 150000 m³ anuales, corresponde a RCDs (ONEI, 2015). Estos volúmenes se originan por trabajos de construcción y conservación de empresas estatales, cooperativas no agropecuarias, así como por la construcción por esfuerzos propios. Como se trata de reciclar RCDs, la materia prima se adquiere sin prácticamente ningún costo, solo el generado por la transportación del vertedero a la planta de reciclaje.

Para estimar el volumen promedio de RCDs se escogió como caso de estudio el año 2015. Se calcularon los volúmenes de demoliciones totales y parciales de las obras más importantes ejecutadas en el municipio por las principales empresas constructoras, entre las que se encuentran: Oficina del Conservador de la Ciudad, Unidad Municipal Inversionista de la Vivienda, Empresa Contratista General de Obras, Empresa de Supervisión y Control de Obras de Ingeniería, que representan alrededor del 50 % del total de las empresas constructoras del territorio; la cifra ascendió a 14454,77 m³. Sin embargo, esta cantidad puede duplicarse si se considera que existen empresas del Ministerio de la Construcción [Micons] no

incluidas en este análisis, así como otras acciones constructivas de ministerios como el Ministerio del Turismo [Mintur], el Ministerio del Interior [Minint] y el Ministerio de [Minaz].

Se emplearán también como materia prima cemento *Portland* ordinario y puzolana natural para el encapsulamiento del 10 % de la fracción gruesa del árido reciclado.

Localización

La microlocalización de la planta de reciclaje se realiza en zonas aledañas al vertedero Gascón, a 800 m, lo más cercana a la fuente de materias primas, para disminuir la distancia de tiro (fig. 2). Se evaluó la dirección de los vientos para evitar que los olores desagradables, el humo de la quema de residuos sólidos urbanos y otros contaminantes afecten la salud de los trabajadores. Se consideraron las normas de vertederos NC 93-05-06: 1986 y la NC 135: 2002, así como las Regulaciones Urbanísticas del Instituto Provincial de Planificación Física en Santiago de Cuba.

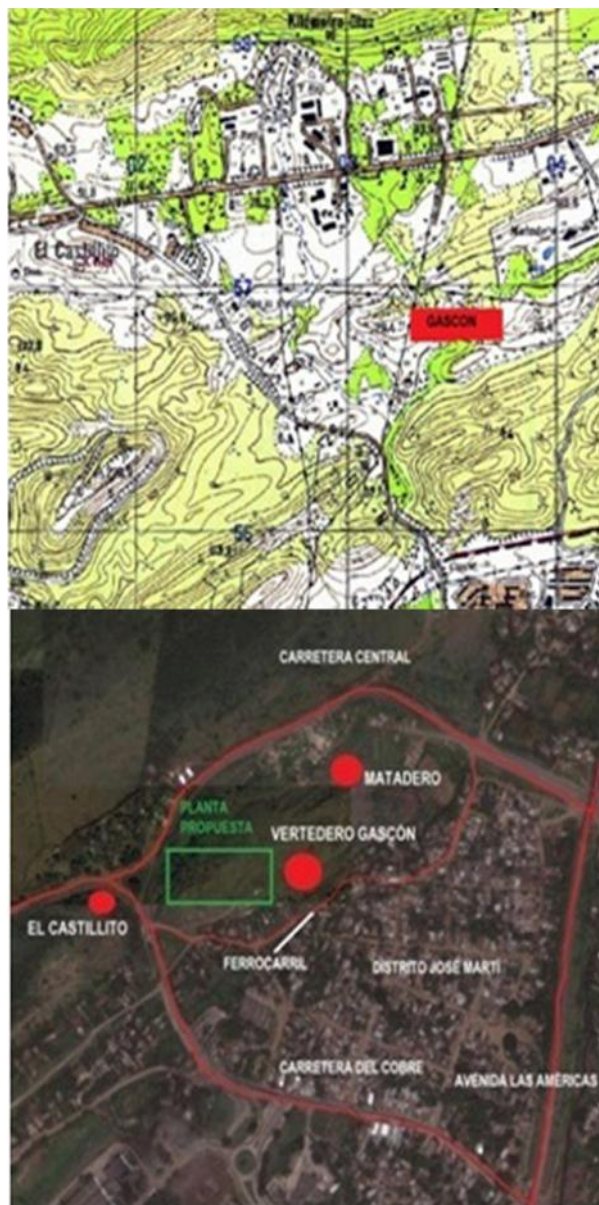


Fig. 2. Microlocalización de la planta de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia

En la zona propuesta no existen construcciones aledañas y se dispone de espacio para instalar la planta cerca del vertedero Gascón.

Ingeniería del proyecto. Tecnología, equipos, obras de ingeniería civil

El equipamiento principal es una planta trituradora de la empresa italiana Baioni. Es una planta móvil secundaria, serie CANGURO GMS, modelo 08 TAN, indicada para el aprovechamiento de canteras pequeñas, la trituración y selección de cualquier tipo de material granítico, calcáreo o reciclado. Se pueden obtener cuatro fracciones de áridos. Se compone por una máquina de trituración, una cinta transportadora y una criba vibratoria para la selección del material. Está montada sobre un bastidor móvil equipado con los elementos necesarios para el remolque en carretera. Posee estabilizadores que posibilitan la instalación rápida en la cantera, sin necesidad de realizar obras de construcción. La máquina es impulsada por un motor diesel (fig.3).



Fig.3. Planta móvil secundaria, serie CANGURO GMS. Fuente: Baioni, 2012.

Otros equipos auxiliares

Minicargador sobre neumáticos modelo XCMG, con capacidad de cuchara de 2,25 m³. Se utiliza para la alimentación del material, colocación en zona de almacenaje y el transporte de los materiales a los camiones. Permite mover los residuos y áridos desde su recepción hasta el cargado de los camiones salientes.

Granulador EIRICH con una capacidad mínima de 10 m³/ jornada de 8 horas, lo que equivale a 1,25 m³/horas; permite realizar el encapsulamiento de los áridos para mejorar sus propiedades.

Capacidad de la planta

La capacidad mínima que debe tener la planta se determina al dividir la cantidad estimada de RCDs que se procesa, entre el número de horas de trabajo al año. Se estima que se trabajan 2304 h, que corresponden a 288 días laborables con una jornada diaria de 8 horas (ecuación 1).

Capacidad mínima anual de la planta de reciclaje:

$$\begin{aligned} \text{CMP} &= \frac{\text{Entrada de m}^3 \text{ de RCDs/año}}{\text{Horas laborales}} = \frac{28\,909,54 \text{ m}^3}{2\,304 \text{ h}} \\ &= 12,55 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

CMP = 100,4 m³/jornada de 8 horas

Este resultado confirma la idoneidad de la planta de reciclaje móvil GSM 08 TAN, que posee una capacidad máxima de producción de 120 m³/jornada de 8 h.

Capacidad mínima del granulador (CMG). Se estima que el 10 % de los áridos obtenidos (fracción 4,76 - 9,52 mm) son encapsulados con cemento y puzolana (natural o artificial) para mejorar sus propiedades y recomendar su uso en el hormigón.

Volumen de áridos a encapsular = 10 % del volumen total de RCDs a procesar (ecuación 2).

$$\begin{aligned} \text{CMG} &= 0,1 \times \text{Volumen de RCDs año} = 0,1 \times 28\,909,54 \text{ m}^3 \\ &= 2\,890,9 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \dots \dots \dots 2 \end{aligned}$$

La capacidad mínima del granulador = 2 809,9 m³/ 288 jornadas, que equivale a 9,76 m³/ jornada.

Estudio económico-financiero

Se realiza el estudio económico financiero que define de manera preliminar la factibilidad de la instalación de la planta de reciclaje para la producción de áridos reciclados mixtos en Santiago de Cuba. También se define la rentabilidad del proyecto a partir de las entradas y salidas de efectivo del proyecto propuesto.

Costos de inversión

Para determinar el costo de la inversión se obtienen los precios de los equipos con las ofertas actuales en el mercado. Para las acciones de construcción y montaje solo se requiere una inversión mínima, consistente en el pavimento rígido por donde circularán los equipos y donde se almacenarán las materias primas y los productos terminados, así como la construcción de un local de oficina, un almacén y una garita.

Costos directos

Para calcular los costos directos de la inversión se consideran tres partidas: materias primas y materiales, otros gastos directos y gastos de fuerza de trabajo.

Materias primas y materiales: en el caso de los áridos reciclados sin encapsular no requieren de ninguna materia prima. Se determinan los gastos que se generan por concepto de combustibles, lubricantes y grasas para producir 1 000 m³ de áridos reciclados.

Energía eléctrica: se obtiene de los índices de consumo de cada equipo y la cantidad de áridos a producir por año, los cuales se reflejan en la ficha de precio de los áridos. En el caso de los áridos reciclados sin encapsular no se consume energía en su producción. Para los áridos encapsulados se consideró el consumo energético del granulador para producir 1 000 m³ de áridos encapsulados.

Otros gastos directos: se considera la depreciación y amortización de los componentes de la inversión (equipos, construcción y montaje y otros gastos por licencias y permisos). En la propuesta participan directamente en el proceso productivo tres equipos: la planta de reciclaje, el minicargador y el granulador.

Se consideran también los gastos de mantenimiento y reparación. Se asume en este caso un valor de 210 CUP para producir 1000 m³ de áridos.

Gastos de fuerza de trabajo: se analiza la fuerza de trabajo según categoría ocupacional y el salario que devengan. Los costos directos por concepto de salario incluyen el aporte a la seguridad social, vacaciones y el impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo según lo establecido en la Ley No. 113/2012 del Sistema tributario:

- Impuesto por utilización de la fuerza de trabajo: 12 %
- Contribución a la seguridad social: 12,5 %

Gastos indirectos

Se consideran los gastos generales y de administración (GGA): se incluyen los gastos de pago de salario del personal administrativo y vigilancia, energía eléctrica no asociada al proceso productivo, materiales de oficina y otros, de acuerdo con el presupuesto de gastos planificado para el año, que se incluye en el plan de la economía. Se determinan al considerar un coeficiente máximo fijado por el MFP, que para las producciones de cantera es de 0, 22. Este coeficiente se aplica al salario de trabajadores directos. La ficha de precio para los áridos reciclados mixtos encapsulados y sin encapsular se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ficha de precio de áridos reciclados mixtos para 1000 m³

Conceptos	Id.	Árido reciclado mixto			Árido reciclado mixto(encapsulado)		
		Total	CUP	CUC	Total	CUP	CUC
Materias primas, materiales e insumos directos	1	1807,2	1514,6	292,6	17716,3	17423,8	292,6
Materias primas y materiales	1.1	0,0	0,0	0,0	15462,8	15462,8	0,0
Combustible	1.2	1169,6	1169,6	0,0	1615,9	1615,9	0,0
Lubricantes	1.3	637,6	345,0	292,6	637,6	345,0	292,6
Aceites lubricantes	1.3.1	545,4	295,2	250,3	545,4	295,2	250,3
Grasas	1.3.2	92,2	49,9	42,3	92,2	49,9	42,3
Servicios públicos (Energía eléctrica)	1.4	0,0	0,0	0,0	1615,9	1615,9	0,0
Otros gastos directos	2	272,9	272,9	0,0	279,4	138,8	0,0
Depreciación de equipos	2.1	62,9	62,9	0,0	69,4	69,4	0,0
Otros	2.2	210,0	210,0	0,0	210,0	210,0	0,0
Gastos de Fuerza de trabajo (Salarios)	3	504,4	504,4	0,0	715,1	715,1	0,0
Total de costos directos (1+2+3)	4	2584,5	2291,9	292,6	20326,7	19893,6	292,6
Gastos indirectos de producción	5	535,1	535,1	0,0	535,1	535,1	0,0
Gastos generales y de administración	5.1	535,1	535,1	0,0	535,1	535,1	0,0
Salario de trabajadores indirectos	5.1.2	435,1	435,1	0,0	435,1	435,1	0,0
Otros	5.1.3	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Costo total (4+5)	6	3119,5	2827,0	292,6	20861,8	20428,6	292,6

Margen de utilidad (20% cup y 10 % (CUC)	7	453,30 3	424,0	29,3	3129,3	3064,3	29,3
Precio total (6+7)	8	3572,8	3251,0	321,8	23785,5	23492,9	292,6
Precio unitario (1m³)		3,6*	3,3	0,3	23,8*	23,5	0,3

Fuente: Elaboración propia.

*Aunque el precio del árido reciclado sin encapsular dio un valor de 3,573 pesos (moneda total), se estableció como precio de venta 15,99 pesos (moneda total), teniendo en cuenta los referentes de los precios de comercialización de los áridos en la industria de materiales.

Resultados del análisis económico

Para la evaluación del proyecto de inversión es necesario realizar el análisis económico, lo que permite definir la viabilidad de la inversión. El análisis se realizó en moneda total, debido a que los ingresos por las ventas de la empresa son en CUP y los gastos en CUC que requiere la inversión se contabilizan y deprecian en CUP, porque a los efectos de la contabilidad el cambio es 1CUC = 1CUP.

Programa de producción e ingresos por ventas

A partir de la programación de las producciones se obtienen los ingresos por ventas, que sirven de base para la evaluación económica financiera. Se determinan los ingresos anuales en función de las cantidades estimadas a producir anualmente por tipo de árido y el precio unitario determinado y se obtienen los ingresos anuales.

Financiamiento

El esquema para el pago del financiamiento permite evaluar si la inversión es capaz de asimilar un préstamo y pagar la deuda con sus propios ingresos. Se analizó en moneda total, se consideró un año de período de gracia y a partir del segundo año se pueden pagar los intereses y el principal del préstamo previsto.

Programa de producción e ingresos por ventas y Estado de Ingresos Netos

La programación de las producciones permite obtener los ingresos por ventas. Se determinan los ingresos anuales en función de las cantidades estimadas a producir anualmente por tipo de árido y su precio unitario. El análisis del Estado de Ingresos Netos y Resultados del Proyecto se realiza para la etapa de explotación de la inversión y permite comparar los ingresos por las ventas que se pronostican, con los costos de producción y gastos financieros, para determinar si se genera utilidad neta una vez descontada la reserva para contingencias y obligaciones de impuestos.

Flujo de caja para la planificación financiera e indicadores de rentabilidad

Se realizó el flujo de caja para indicadores de rentabilidad (tabla 2). La tabla 2 muestra que se obtienen resultados positivos desde el segundo año en que se ejecuta la inversión, lo que significa que los ingresos por ventas permiten cubrir los costos y gastos de la planta, además de cumplir las obligaciones tributarias y generar utilidades. Se considera el año 0 como base y es el año en que se tramita y realiza la inversión.

Tabla 2. Flujo de caja para indicadores de rentabilidad de la inversión

Concepto	Totales (MP)	Años					
		0	1	2	3	4	5
A- Entrada de efectivos	1769,2	0,0	395,7	442,3	465,6	465,6	605,2
Ingresos	2234,7		395,7	442,3	465,6	465,6	465,6
Valor residual final período	139,6						139,7
B- Salidas de efectivos	1913,6	182,5	304,9	340,7	361, 8	361, 8	361,8
Inversión total	139,6	139,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inversión fija	135,6	135,6					
Gastos previos	4,0	4,0					
Incremento capital de trabajo	42,9	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Costos de operación	784,2		144,8	155,7	161, 2	161,2	161,2
Impuestos tasas contribuciones	62,4		11,9	12,4	12, 7	12, 7	12,7
Impuesto sobre utilidades	458,6		76,8	89,4	97, 5	97, 5	97, 5
Aporte inversión estatal	425,9		71,3	83,0	90,5	90,5	90,5
C- Saldo anual (A-B)	460,8	182,5	90,8	101,6	103,7	103,7	243,3
D- Saldo acumulado		182,5	-91,8	9,9	113, 7	217,4	460,8
Indicadores de rentabilidad							
TIR:	52,1%		RVAN	TAD	Período de recuperación		
VAN:	262510,5		1,9	10%	2 años		
VAN:	224234,3		1,6	12%			
VAN:	189618,3		1,4	14%			
VAN:	158257,0		1,1	16%			
VAN:	129795,8		0,9	18%			

Se aprecia que en caso de tener que devolver el préstamo, el proyecto tiene capacidad para cumplir sus obligaciones y efectuar los pagos planificados en el

esquema del financiamiento. El análisis de estos flujos permite determinar los indicadores de rentabilidad actualizados, el VAN, TIR y período de recuperación del capital; que permiten determinar si es conveniente invertir o no en el proyecto. Los indicadores de rentabilidad de la inversión obtenidos son:

- El valor actualizado neto (VAN) = 262 510,5 pesos > 0 significa que el proyecto cubre sus costos y genera beneficios para el promotor de la inversión.
- Tasa interna de retorno o de rendimiento (TIR) = 52,1% > Tasa de actualización como requisito de aceptación.
- Período de recuperación del capital igual a dos años, demuestra que a partir del tercer año de ejecutada la inversión todos los ingresos son beneficios netos del proyecto.

CONCLUSIONES

1. En Santiago de Cuba se generan elevados volúmenes de residuos de construcción y demolición, que garantizan la disponibilidad de materias primas para la producción de áridos reciclados mixtos.
2. Se estima que el metro cúbico de áridos reciclados mixtos puede tener un precio preliminar de 15, 99 CUP y 23, 79 CUP (si son encapsulados), inferior al precio de venta de los áridos que produce y comercializa Vermac, debido a que el costo de producción es inferior con respecto al de los áridos naturales.
3. La estrategia de introducción de resultados para el reciclaje de RCDs en Santiago de Cuba organiza el proceso de reciclaje en 8 fases, desde la etapa de generación de los escombros hasta la comercialización de los áridos reciclados mixtos; lo que garantiza la sostenibilidad del proyecto de planta.
4. Además del impacto económico que significa la producción de áridos comercializables que pueden ser utilizados en la construcción de viviendas y otras obras sociales, la propuesta de inversión de la planta de procesamiento de residuos de construcción y demolición representa un impacto favorable al medioambiente, al reciclar desechos que no son degradables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arner, E., Roca, E. & Vaz, C. (2015). Dos visiones de eventos naturales que impactaron el patrimonio construido de Santiago de Cuba. *Revista Arquitectura y Urbanismo*, 36(2), 63-76.

Bouso, J. (2014). *Los áridos y los minerales industriales*. Recuperado de [http:// www. Ampmineral .com/minerales-industriales.php](http://www.Ampmineral.com/minerales-industriales.php) de la AMP, Advanced Mineral Processing

Comité Estatal de Normalización. (2002). *NC 135: 2002. Residuos sólidos urbanos. Disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales*. ICS 13. 030.10. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización.

Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular (21 de noviembre, 2012). Ley 113 del Sistema Tributario. *Gaceta Oficial*, 053 Ordinaria. La Habana, Cuba.

Cuba. Ministerio de Finanzas y Precios (1998). *Metodología para la elaboración de estudio defactibilidad de un proyecto de inversión industrial*. La Habana: autor.

Empresa de Materiales de Construcción [Vermac]. (2014). *Cierre Productivo del año 2014 y primer trimestre del 2015* [Informe de la Empresa de Materiales de Construcción, No.16]. Santiago Cuba.

Empresa de Materiales de Construcción [Vermac]. (2015). *Cierre Productivo del año 2015 y primer trimestre del 2016* [Informe de la Empresa de Materiales de Construcción, No.16]. Santiago Cuba.

Instituto de Planificación Física [IPF]. (2016). Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano de la provincia Santiago de Cuba. Mapa de microlocalización de vertedero Gascón. Cuba: Fondos del IPF

Meyer, C. & Liu, T. (eds). (2004). *Recycling concrete and other materials for sustainable development*, SP-219. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.

Ministerio Finanzas y Precios (2012). *Resolución No. 471/12. Tasas máximas anuales dedepreciación y amortización*. La Habana, Cuba: autor.

Oficina Nacional de Estadística e Información [ONEI] (2015). *Anuario Estadístico de Santiago de Cuba del 2014*. Santiago de Cuba: autor.

Pavón, E., Etxeberría, M. & Díaz, N. (2012). Estudio de la aplicabilidad del hormigón con árido grueso reciclado en La Habana, Cuba. *Materiales de Construcción*, 62(307), 431-441. Recuperado de <http://dx.doi: 10.3989/mc.2012.632>.

Recibido: junio de 2016

Aprobado: septiembre de 2016