



# SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

## GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN CIVIL EN LA CIUDAD DE ENCARNACION - PARAGUAY

**LUCHIN RUMAK, Guillermo Yhor (1); MARTINEZ SOLIS, Hilda Graciela (2); BOGADO GONZÁLEZ MAYA, Jorge (3)**

(1) Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ingeniería, +595982404344, e-mail: guillepy\_1@hotmail.com, (2) Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ingeniería, +595975624906, e-mail: ykniplanena@hotmail.com, (3) Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ingeniería, +595975633796, e-mail: jorgegmaya@gmail.com

### RESUMEN

Este trabajo estudió a los residuos de la construcción civil (RCC), focalizándose en los residuos directos, siendo aquellos que salen de la obra en forma de basura. Sus objetivos fueron identificar el origen y las principales causas de su generación en la fase de estructura y mampostería, determinar el porcentaje de desperdicios directos en el hormigón y ladrillos, cuantificar e identificar la composición de un volumen representativo generado por una obra de edificación, verificar la zona de vertido de los mismos y su manera de eliminación. Los resultados obtenidos muestran que estos residuos aparecen por el escaso control en el proceso constructivo, por la mano de obra no calificada y por la mala calidad de los materiales empleados. En la composición de los residuos, se puede notar que existe un gran porcentaje de materiales reutilizables y reciclables. El destino final de los mismos, en la ciudad de Encarnación-Paraguay, normalmente es en el vertedero municipal, aunque también se verificó que en algunos casos estos terminan en vertederos ilegales, produciéndose un desperdicio de recursos y un desaprovechamiento de material reutilizable. Por otro lado, se constató que dicho país no cuenta con leyes para el manejo de los mismos.

**Palabras-clave:** Residuos de la construcción civil, desarrollo sustentable, reciclaje.

### ABSTRACT

*This work studied the residues from the civil construction, focusing on the direct waste, the ones that the construction leaves in the form of garbage. Its objectives were to identify the origin and the main causes of its generation in the phases of structure and masonry, determine the percentage of direct waste in concrete and bricks, quantify and identify the composition of a representative volume generated by a building trade, check the dumping area thereof and their way of elimination. The results show that these residues appear because of the insufficient control in the construction process, by unskilled labor and the poor quality of the materials. In the composition of the waste, it can be noticed a large percentage of reusable and recyclable materials. The final destination of these, in the city of Encarnación- Paraguay, is usually in the municipal rubbish dump, although it was found that in some cases these end up in illegal dumps, resulting a waste of resources and a waste of reusable material. Besides, it was found that this country has no laws to manage them.*

**Key words:** civil construction waste, sustainable development, recycling.

## 1 INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros trabajos realizados sobre este tema y considerado como el más grande y ambicioso, fue el de Skoyles & Skoyles (1987) en el Reino Unido, el cual pretendía obtener la verdadera cantidad de desperdicios que se producen en las obras, abarcando el estudio 114 construcciones diferentes.

Asimismo Brasil es uno de los países donde se ha llevado a cabo la mayor cantidad de trabajos al respecto, el teniendo presente que las áreas para la recepción de los desechos se van agotando, requiriendo cada vez más un mayor transporte de los mismos, lo que implica una inversión extra para su eliminación, (SOUZA, 2005).

Según (REZENDE NETO, 2008) es de vital importancia reducir al mínimo la generación de residuos a través de la gestión y el uso de estos residuos.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN, 2011), los escombros generados en las construcciones están constituidos hasta un 50% o más, principalmente, por residuos de concreto, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillos, tierra y barro. Otro 20% a 30% suele ser madera y productos afines, como formaleas, marcos y tablas; y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, como metales, vidrios, asbestos, materiales de aislamiento, tuberías, aluminio y partes eléctricas. Cabe destacar también que la composición de los residuos en la construcción es variable dependiendo de la clase de infraestructuras de que se trate, la etapa en que se encuentre el proyecto y del tipo y distribución de las materias primas que utiliza el sector.

Para (SOUZA, 2005) las pérdidas constituyen toda la cantidad de material consumido, más allá de la cantidad teóricamente necesaria, indicada en las memorias del proyecto o en las demás prescripciones del constructor para que el producto pueda ser ejecutado. Dicho autor las clasifica en aparentes (directa) que son aquellas pérdidas que salen de la obra en forma de basura y ocultas en la naturaleza (indirecta) que representan a las pérdidas que se incorporan a la obra en la forma de componentes cuyas dimensiones finales son mayores a las proyectadas.

El tema investigado adquiere relevancia considerando que la industria de la construcción va creciendo de manera progresiva y a la par se incrementa la generación de los residuos. Tal circunstancia, genera problemas tales como la pérdida monetaria de la empresa, debido a la mala utilización de equipos, materiales y metodologías constructivas y a su vez el impacto negativo en el medio ambiente.

En estos últimos años, el sector de la construcción civil tuvo un notable incremento en la ciudad de Encarnación - Paraguay, razón por la cual es necesario implementar medidas y metodologías constructivas para la disminución de los residuos para contribuir al desarrollo sustentable de la ciudad.

Esta investigación tiene como objetivos identificar el origen y las principales causas de la generación de los residuos de la construcción civil en la fase de estructura y mampostería, determinar el porcentaje de desperdicios directos en el hormigón y ladrillos, cuantificar e identificar la composición de un volumen de residuos representativo que genera una obra de edificación, verificar la zona de vertido de los mismos y su manera de eliminación. Para ello, se analizaron siete edificaciones en la etapa de obra gruesa en la ciudad de Encarnación - Paraguay, para luego proponer soluciones y métodos aplicables a otras edificaciones a fin de evitar o minimizar la aparición de estos residuos.

## 2 MATERIALES Y METODOS

Para realizar la primera parte del trabajo de campo, dentro de las obras en la ciudad de Encarnación, se obtuvieron los permisos correspondientes en las distintas constructoras de la ciudad, lográndose la autorización de un total de siete obras.

### 2.1 Observaciones dentro de la obra

Tras las observaciones continuas realizadas en las obras estudiadas y teniendo en consideración los rubros especificados en los objetivos, los datos obtenidos fueron registrados en un cuaderno de campo, identificándose desperdicios derivados del deficiente manejo de los materiales, la baja calidad de los materiales empleados y a su vez la mala praxis en el proceso constructivo por parte de los operarios.

### 2.2 Porcentaje de desperdicio

El porcentaje de desperdicio fue analizado en dos materiales, el hormigón y los ladrillos, para obtener este valor representativo de desperdicio se utilizaron las planillas de la Tabla 2.1 y la Tabla 2.2

**Tabla 2.1 Planilla para la recolección de datos de desperdicios en el hormigón.**

Planilla para la recolección de datos							
Obra	A	B	C	D	E	F	G
Tipo de hormigón							
H. Cons.	V. Desp.			% Desp. H°			

Fuente propia.

Donde, *H. Cons.* Volumen de hormigón construido (*m*<sup>3</sup>)  
*V. Desp.* Volumen de desperdicios de hormigón (*m*<sup>3</sup>)  
*% DespH°* Porcentaje de desperdicio de hormigón (%)

**Tabla 2.2 Planilla para la recolección de datos de desperdicios en los ladrillos.**

Planilla para la recolección de datos							
Obra	A	B	C	D	E	F	G
Tipo de ladrillo							
V. Lad.							
C. Lad. / m <sup>2</sup>							
M. Cons.	L. Ut.	V. Desp.	L. Desp.	% Desp. L.			

Fuente propia.

Donde, *V. Lad.* Volumen promedio de un ladrillo (*m*<sup>3</sup>)  
*C. Lad. / m<sup>2</sup>* Cantidad de ladrillos utilizados en un metro cuadrado de pared (*un/m*<sup>2</sup>)  
*M. Cons.* Metros cuadrados de pared construida (*m*<sup>2</sup>)  
*L. Ut.* Cantidad de ladrillos utilizados en la pared construida (*un*)  
*V. Desp.* Volumen de desperdicios de ladrillos (*m*<sup>3</sup>)  
*L. Desp.* Cantidad desperdiciada de ladrillos (*un*)  
*% Desp. L.* Porcentaje de desperdicios de ladrillos (%)

### 2.2.1 Desperdicio representativo en el hormigón

Para la obtención de este resultado previamente se identificó el tipo de hormigón utilizado, *in situ* o elaborado, luego se determinó el volumen total de la estructura de hormigón según los planos, y se corroboraron sus dimensiones al final de su construcción. Este valor se lo anotaba en la columna de H.Cons.de la Tabla 2.1

Al finalizar el cargamento de hormigón, se recolectaban los desperdicios en un recipiente de volumen conocido, en otros casos, solo disponían en forma de un prisma, a fin de determinar su volumen, registrándolos en la columna de V.desp.de la planilla.

En base a estos datos, se obtuvo un valor representativo del porcentaje de desperdicio de hormigón, que resulta ser:

$$\% \text{ Desp. } H^{\circ} = \frac{V.\text{desp.}}{H^{\circ}.\text{cons.}} \times 100 \quad (1)$$

Donde,  $\% \text{ Desp. } H^{\circ}$  Porcentaje de desperdicio de hormigón (%)  
 $V. \text{ Desp.}$  Volumen de desperdicios de hormigón ( $m^3$ )  
 $H^{\circ} \text{ Cons.}$  Volumen de hormigón construido ( $m^3$ )

### 2.2.2 Desperdicio representativo en los ladrillos

Para la obtención del resultado, se registraron tres valores como datos constantes, el tipo de ladrillo utilizado, las dimensiones promedio de un ladrillo  $V.Lad.$  y la cantidad de ladrillos existentes en un metro cuadrado de pared construida  $C.Lad.$ , este último se lo determinaba de la siguiente manera, una vez construida la pared, se procedía a medir y marcar sobre la misma un área de un metro cuadrado, para luego realizar un conteo de ladrillos existentes en esa área.

En cada obra, al final del día, se realizó una certificación de los metros cuadrados de pared construida, registrándolos en la columna  $M.Cons.$  de la Tabla 2.2, como también el volumen de desperdicios de ladrillos provenientes de la construcción de dicho rubro, este volumen se lo determinó juntando todos los restos de ladrillos quebrados y disponiéndolos de la forma más semejante a un prisma, para luego medirlo y obtener su volumen aproximado, registrando este dato en la columna  $V.Desp.$

Luego, para obtener la cantidad de ladrillos desperdiciados se realizó el cociente entre el volumen de desperdicios y el volumen promedio de un ladrillo.

$$L. \text{ desp.} = \frac{V.\text{desp.}}{V.lad.} \quad (2)$$

Donde,  $L.Desp.$  Cantidad desperdiciada de ladrillos (*un*)  
 $V. Lad.$  Volumen promedio de un ladrillo ( $m^3$ )  
 $V. Desp.$  Volumen de desperdicios de ladrillos ( $m^3$ )

Para hallar la cantidad de ladrillos utilizados en la pared construida, se realizó el producto entre los metros cuadrados construidos y la cantidad de ladrillos utilizados en un metro cuadrado de pared.

$$L. Ut. = M. Cons. \times C. Lad. \quad (3)$$

Donde,  $L. Ut.$  Cantidad de ladrillos utilizados en la pared construida (*un*)  
 $M. Cons.$  Metros cuadrados de pared construida ( $m^2$ )  
 $C. Lad.$  Cantidad de ladrillos utilizados en un metro cuadrado de pared (*un/m<sup>2</sup>*)

Finalmente se obtuvo el valor representativo del porcentaje de desperdicio de ladrillos, que resulta ser la relación entre la cantidad de ladrillos desperdiciados y la cantidad de ladrillos existentes en la pared construida.

$$\% \text{ Desp. L.} = \frac{L.\text{desp.}}{L.\text{ut.}} \times 100 \quad (4)$$

<i>Donde,</i>	<i>% Desp.L.</i>	Porcentaje de desperdicio de ladrillos (%)
	<i>L. Desp.</i>	Cantidad desperdiciada de ladrillos ( <i>un</i> )
	<i>L. Ut.</i>	Cantidad de ladrillos utilizados en la pared construida ( <i>un</i> )

### 2.3 Composición de los residuos de la construcción civil

Para el estudio de la composición de los residuos de la construcción civil, fue seleccionado un contenedor representativo de una edificación en etapa de obra gruesa y el mismo fue transportado al Laboratorio de Materiales de Construcciones Civiles de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Itapúa para su detallada clasificación y cuantificación.

Para este proceso primeramente se depositaron los residuos sobre una base que evite su contacto directo con la superficie, procediéndose a la separación manual de los diferentes materiales que lo componen, comenzando por aquellos de mayor tamaño y de características diferentes. Para la separación de los áridos finos y gruesos, se utilizó el tamiz N° 4.

Una vez separados todos los materiales se procedió a pesarlos, utilizando bandejas metálicas debidamente identificadas y una balanza electrónica, registrándose los datos en la planilla de campo. Finalmente se realizó un trabajo de gabinete para obtener el porcentaje en peso de la composición de estos residuos de la construcción civil.

### 2.4 Disposición final de los residuos de la construcción civil

Con el fin de obtener información respecto a la existencia de leyes, ordenanzas o normativas sobre la gestión de residuos en la construcción civil, se efectuaron entrevistas a los responsables del área en la Municipalidad de la ciudad de Encarnación y a la secretaria encargada del Medio Ambiente (SEAM). También fueron entrevistados los dueños de las empresas de materiales de construcción y los respectivos encargados del transporte de los contenedores. Para validar las respuestas, se realizó un seguimiento sin previo aviso a los encargados de retirar los contenedores con los residuos de las construcciones.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1 Llegada y acopio de materiales

En los ladrillos comunes se observaron pérdidas en el momento de descarga de los mismos en la obra. El fácil quiebre de estos se produjo debido a la falta de cuidado en su manejo. Los ladrillos huecos tuvieron un bajo porcentaje de desperdicios en comparación al anterior. En cuanto a los ladrillos vistos el desperdicio fue aún menor, casi nulo, ya que fueron transportados sobre pallets y además contaban con una resistencia mucho mayor que los dos anteriores. En los ladrillos prensados se observó poco porcentaje de desperdicios, sin embargo tal resultado fue variando con el cambio de proveedores, notándose mala cocción y por lo tanto aumentado los quiebres.

En cuanto al cemento, en todas las obras visitadas, se advirtió las condiciones básicas para su buen almacenamiento, como ser la correcta separación del suelo y de las paredes, ubicados en un lugar seco y a una altura necesaria para su apilamiento.

El almacenamiento de los áridos, tanto para la arena y la piedra, se realizaba en sitios no apropiados puesto que su ubicación simplemente dependía de la existencia de espacios libres. El bajo control para el buen acopio de los áridos produjo la contaminación de los mismos, por el contacto con superficies inapropiadas como también por la mezcla entre ambos materiales. Otro punto a detallar es la pendiente existente en los lugares de almacenamiento, que en ocasiones de lluvia provocaron el arrastre de los materiales, en especial del árido fino.

El acero, en la mayoría de las obras visitadas, no reunió las condiciones básicas para su almacenamiento, la directa colocación de este sobre el suelo y a la intemperie, en contacto con residuos orgánicos y grasas, provocó la oxidación del mismo y algunas de las empresas procedieron a su rechazo para su utilización en obra.

### **3.2 Utilización de materiales y prácticas constructivas**

#### **3.2.1 Ladrillos**

En el traslado interno, del depósito al lugar de trabajo, como también al momento de cortarlos para un uso específico, se observó quiebres en los ladrillos, sea por la mala calidad de los mismos, por la defectuosa utilización de las herramientas o por el no uso de herramientas acordes a las exigencias. Un detalle a tener en cuenta es que los personales de obras no utilizaban los ladrillos ya cortados, sino que utilizaban nuevos ladrillos para cortarlos y utilizarlos en la construcción de la mampostería.

Otra etapa en la cual se produjo desperdicio fue en el momento de terminación del cerramiento de un piso, puesto que cuando quedaban sobras de ladrillos en dicha zona el encargado de la obra no procedía a su almacenamiento para la posterior utilización.

#### **3.2.2 Hormigón**

El desperdicio de hormigón se producía principalmente por la mala elaboración del encofrado notándose que el mismo fluía a través de las aberturas.

En el hormigón *in-situ* se observó claramente un mayor desperdicio en comparación al hormigón elaborado. Ello fue así, debido a la pérdida de sus componentes como consecuencia del mal almacenamiento y asimismo el uso de maquinarias en mal estado. En el momento de elevación del hormigón a pisos superiores, se observaron pérdidas por debajo de los guinches como también al cargarlo. También los desperdicios se generaron por el retraso del hormigonado debido a las averías del motor, y esta espera provocó la pérdida del material ya fabricado.

El desperdicio en el hormigón elaborado fue menor al hormigón *in situ* y en los casos que se contaba con un buen encofrado el desperdicio era casi nulo. Sin embargo, se pudo notar que al momento de solicitar el hormigón, se pedía una cantidad extra y por este motivo se producían pérdidas puesto que el pedido en demasía no era utilizado.

### 3.3 Porcentaje de desperdicio en ladrillos y hormigón

#### 3.3.1 Ladrillos

Los desperdicios promedios representativos encontrados en los 4 tipos de ladrillos estudiados, fueron los siguientes

**Tabla 3.1 Valor representativo del desperdicio de ladrillos**

Tipo de ladrillos	Porcentaje de desperdicio
Ladrillo prensado	3.1 %
Ladrillo cara vista	3 %
Ladrillo Común	7 %
Ladrillo hueco	2.9 %

Fuente propia

#### 3.3.2 Hormigón

Los valores representativos obtenidos a causa del desperdicio en el hormigón fueron:

Hormigón *In-Situ*: en las diferentes obras estudiadas, se notaron valores muy diferentes de desperdicios, las cuales varían entre el 3 % al 6 %.

Hormigón Elaborado: en todas las obras estudiadas, donde se utilizó este tipo de hormigón, se observó que los desperdicios fueron menores al *In-Situ*, obteniendo valores entre el 0.05 % al 1 % de desperdicios, en donde una cierta cantidad de hormigón quedaba dentro del mixer, y no era utilizado, ya que el encargado lo vertía en cualquier sitio para evitar el endurecimiento del mismo dentro del mixer.

### 3.4 Disposición final de los residuos de la construcción civil

Las entrevistas fueron realizadas a tres empresas de la ciudad de Encarnación y sus propietarios respondieron de manera similar a las preguntas que le fueron dirigidas. Dichas respuestas fueron:

En el caso de que los contenedores alberguen residuos con solamente escombros, ladrillos, mortero y hormigón endurecido, entre otros y libres de contaminantes se los lleva a un lugar determinado de la empresa para luego poderlos vender.

En caso contrario, si estos residuos presentan, además de escombros, una variedad de materiales utilizados en la construcción de las edificaciones, tales como altos contenidos de residuos degradables, caños corrugados, retazos de varillas de aceros y conductores, maderas, entre otros, se los transporta al vertedero municipal.

Las respuestas de los choferes, a la encuesta realizada fue que casi la totalidad de los contenedores son llevados al vertedero municipal de la ciudad de Encarnación, estos residuos se los utiliza para cubrir la superficie final del relleno sanitario.

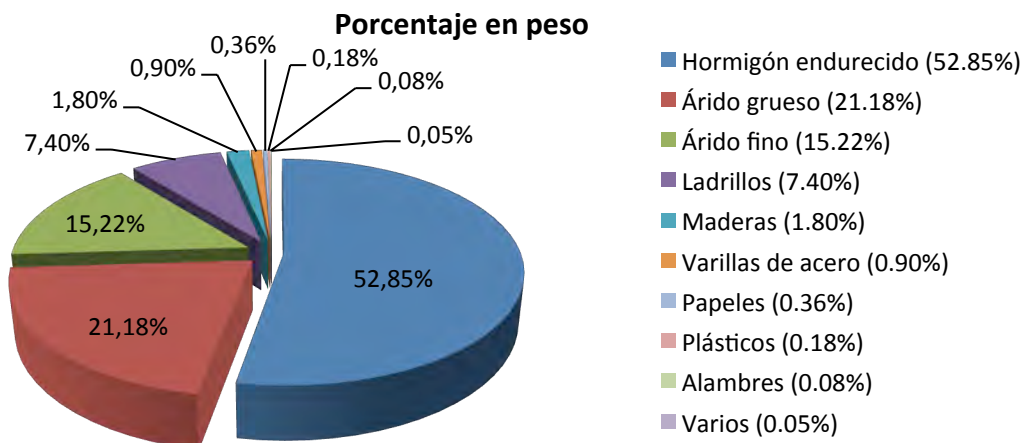
El seguimiento a los transportes de contenedores nos reveló que el destino final de los residuos de la construcción es el vertedero municipal. De igual manera, haciendo un sondeo por los barrios de la ciudad de Encarnación pudimos observar varios lugares que servían como vertederos clandestinos de los residuos sólidos de las construcciones, desconociéndose quienes fueron responsables de arrojarlos. Cabe destacar que, tanto el municipio de Encarnación y la Secretaría del Ambiente no poseen normativas ni leyes

con relación a la gestión de los RCC, basándose únicamente hasta el momento por la ley referente al manejo de los residuos sólidos urbanos.

### 3.5 Composición de los residuos de las construcciones civiles

Los datos obtenidos al analizar la composición de los residuos de la construcción civil del contenedor representativo escogido fueron los indicados en la Tabla 3.2

**Tabla 3.2 Gráfico de la composición de los RCC**



Fuente propia

## 4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- En las obras estudiadas se notó un mal manejo en el almacenamiento de los materiales.
- Lo fundamental para evitar los residuos de la construcción civil radica en ejercer un buen control dentro la obra.
- La capacitación constante del personal y su incentivo hacia las “3 R” reducir, reutilizar y reciclar minimizarían la generación de los residuos en las construcciones civiles.
- La calidad de los materiales empleados influye en la generación de los residuos.
- La clasificación y separación de los residuos, antes de ser retirados de las construcciones, beneficia su posterior manejo.
- En la composición de los RCC se obtuvo alrededor del 90% de áridos inertes, los cuales pueden ser reutilizables y reciclables.
- Como a estos residuos se los deposita normalmente en el vertedero municipal, se solicitó a la Municipalidad de la ciudad de Encarnación - Paraguay un terrero para la libre disposición de los residuos de la construcción civil, en donde cualquier persona interesada pueda tener el libre acceso para depositar y retirar los RCC.

## REFERENCIAS

- REZENDE NETO, R.S. **Proposta de implantação do gerenciamento de resíduo de construção e demolição em um edifício multifamiliar de uma construtora cearense.** 2008. 49p. Monografía (Trabalho de conclusão de curso) -Universidade de Fortaleza.
- SKOYLES, E.R., SKOYLES, J. **Waste prevention on site.** Londres: Mitchell, 1987.



SOUZA, Ubiraci. **Como reduzir perdas nos canteiros, Manual do gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: PINI, 2005. 128p.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. **Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción.** San Rafael de Alajuela: [s.n.], 2011. 90p.