

**"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA
DEL MONTAJE EN OBRA DE ENCOFRADOS
EN LA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL DE SANTIAGO DE CHILE"**

Proyecto para optar al Título de Constructor Civil

Waldo Daniel Cárdenas Villalobos.

Profesor Guía: Cristian Narváez Matta.

Comisión Evaluadora: Claudia Rojo- Cristina Gelinek

Liliana García- Michael Silva.

Santiago, 29 de Agosto de 2022

OBJETIVOS

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

METODOLOGÍA

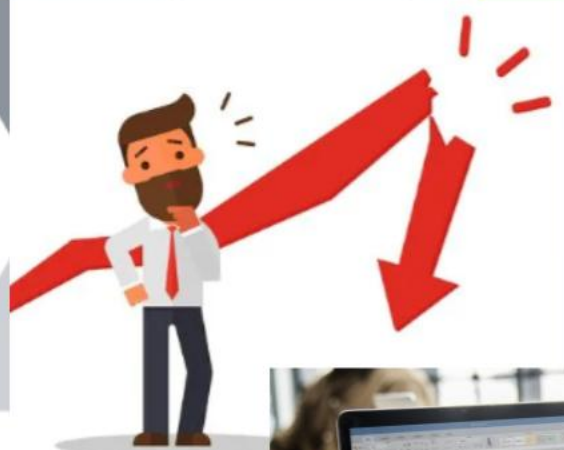
RESULTADOS

CONCLUSIÓN

Plan de Desarrollo

RELACIÓN Baja Productividad/ Déficit Habitacional

..."Expertos señalan que el déficit habitacional también podría estar relacionado con la tendencia de baja productividad, experimentada en el país desde hace décadas"...
(Krell & Hurtado, 2021).





...
o, 2021).







Se podrían construir

52 MIL
VIVIENDAS

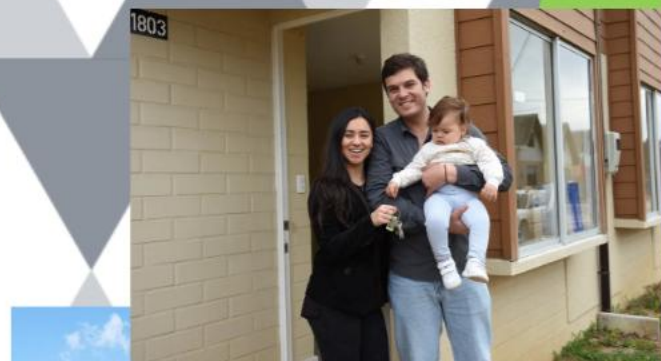


Un 7% mas de soluciones habitacionales para

155 MIL
PERSONAS / AÑO

La Eficiencia

Se entiende como la capacidad de producir más con los mismos recursos o producir lo mismo con menos recursos.



Estudio y planificación estratégica

De ahí, lo relevante de abrirse a iniciativas de estudios y planificación tecnológica que permitan mejorar los índices de productividad, pues, de no considerarse de manera seria este problema, no se dará nunca solución a unos de los derechos fundamentales de los seres humanos: el derecho a la vivienda, con todo lo que ello implica.



PROBLEMÁTICA

OBJETIVOS

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Plan de Desarrollo

METODOLOGÍA

CONCLUSIÓN

RESULTADOS

Hipótesis

La baja productividad del sector construcción abordada desde la ineficiencia de la mano de obra en el proceso productivo, puede ser uno de los factores que influyen sobre el déficit habitacional experimentado en el país.

Por ello, profundizar en el análisis de la baja productividad sectorial, específicamente sobre la eficiencia con la que se están desarrollando procesos constructivos en etapas tempranas de la edificación, puede contribuir a generar una respuesta inmediata sobre la problemática planteada.

OBJETIVOS

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

METODOLOGÍA

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

Plan de Desarrollo

Ob. General

Evaluar la eficiencia del montaje en obra de encofrados en la edificación residencial de Santiago de Chile, considerando la variable técnica y económica que esto implica.

Objs. Específicos

- Establecer los factores que inciden en la eficiencia del capital humano sobre la productividad en obra.
- Identificar falencias recurrentes en faenas de montaje de encofrados y sus posibles soluciones.
- Evaluar la factibilidad económica entre encofrados tradicionales e industrializados.

OBJETIVOS

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

METODOLOGÍA

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

Plan de Desarrollo

Estudio de la productividad
abordada desde la eficiencia de la
Mano de Obra en el montaje de Encofrados.

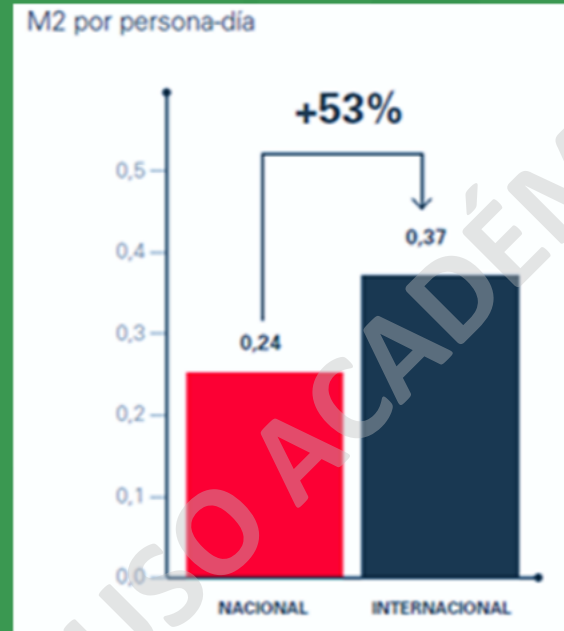
Tabla N° 1: Comparativa coste Mano de obra y materiales

CONCEPTO	COSTE DEL MATERIAL	COSTO MANO DE OBRA Y VARIOS.	% DEL COSTO TOTAL.
HORMIGON	12%	8%	20%
ARMADURAS	19%	6%	25%
ENCOFRADOS	6%	22%	28%
VARIOS	18%	9%	27%
TOTAL	55%	45%	100%

Fuente: The Concrete society

La Mano de obra Relativa a encofrados es la de mayor
costo en el proceso productivo alcanzando un 22%

Comparación de Rendimientos con la muestra INTERNACIONAL.

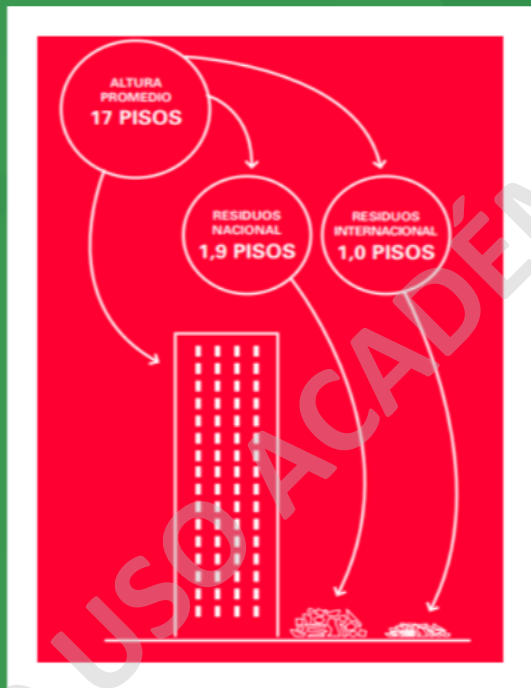


Fuente: Cámara Chilena de la construcción.
Estudio de productividad 2020

NACIONAL: 24m²/H/día
INTERNACIONAL: 37m²/H/día

Muestra Internacional
un 53% + Productiva.

Comparación de Niveles de residuos con la muestra internacional



Fuente: Cámara Chilena de la construcción.
Estudio de productividad 2020

- **Menor Volumen de escombros**
= **Mayor Productividad(8%+)**
- **Menores tasas de accidentabilidad**

(Area de trabajo limpia y ordenada y menor uso de htas. peligrosas)

Según la Corporación de desarrollo tecnológico (CDT)
Las mejoras en Productividad :



ESPECIALIZACIÓN
E
INDUSTRIALIZACIÓN



PREFABRICACIÓN=

- Mejor acabado
- Mayor Predictibilidad de plazos
- Mayor Seguridad
- Menor cantidad de residuos.

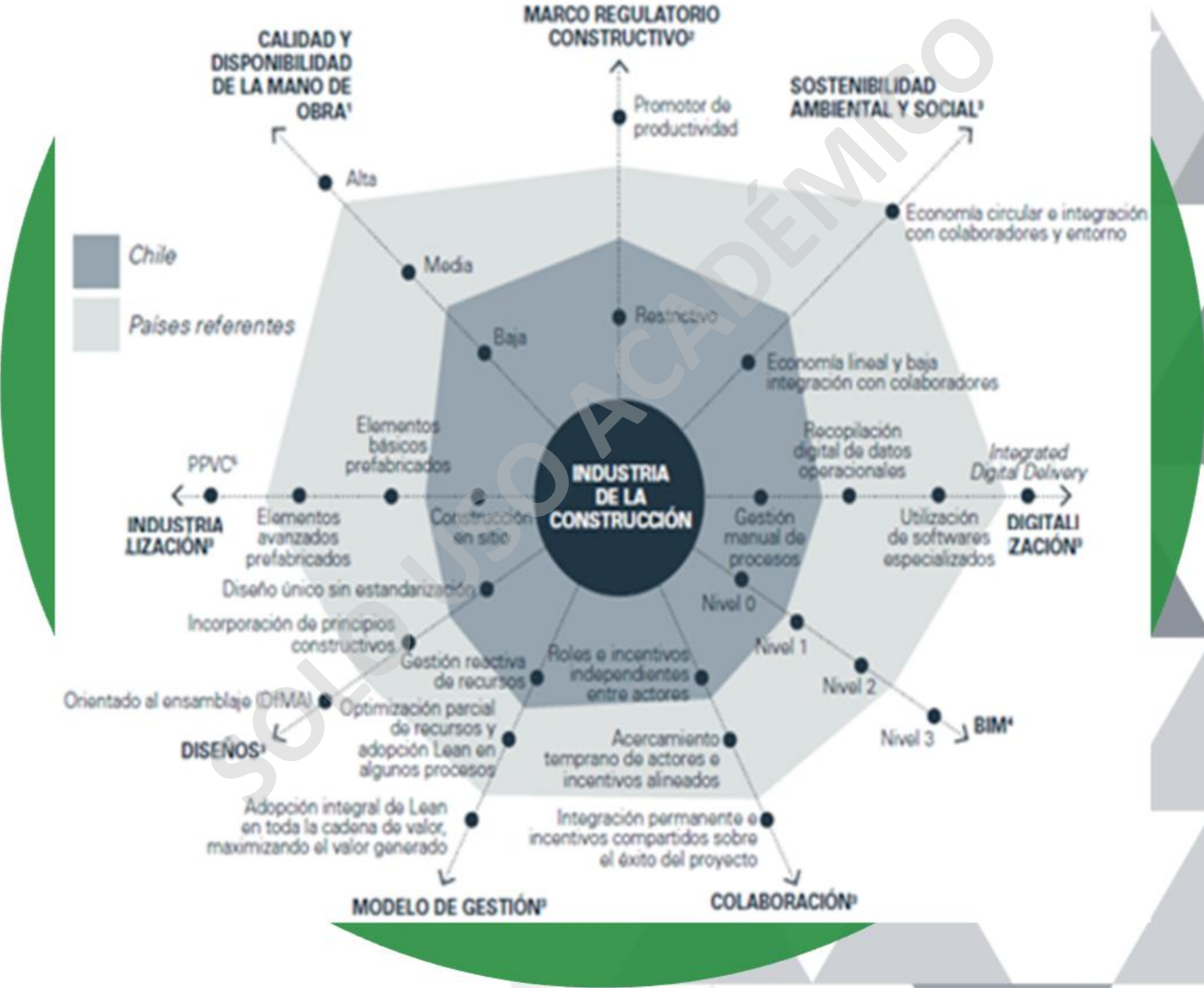
FUENTE: Cámara Chilena de la construcción,
Estudio de productividad 2020)

LA EVIDENCIA EMPIRICA INDICA QUE LAS
CONSTRUCCIONES MAS PRODUCTIVAS SON LAS
DEL ESTRATO SOCIAL MEDIO-BAJO



ESTANDARIZACIÓN - SIMPLICIDAD - ECONOMÍAS DE ESCALA

Factores que intervienen sobre la Productividad y su nivel de desarrollo



...” Si el lema de la industrialización es mover la fabricación desde la obra hasta las plantas industriales, transformando la construcción esencialmente en el montaje de elementos prefabricados; tal vez los encofrados serán el último símbolo de la fabricación en terreno, cuyo rastro se extinguirá paulatinamente” ...

Antecedentes normativos relacionados al mercado de los encofrados

Mercado Internacional

Nuevo enfoque en el tratamiento de cargas de estructuras temporales.

ANÁLISIS DE FACTORES DE CARGA.

PAIS / NORMA	CARGA MUERTA	CARGA VIVA
ISRAEL / SI 904	26 kN / m ³	3 kN / m ²
EE.UU. / ACI 347-04	24 kN / m ³	2,4 kN / m ²
REINO UNIDO / BSI -08	25 kN / m ³	1,5 kN / m ²

Fuente: Elaboración Propia.

SI 904, considera los mayores factores de carga contrastados con la norma americana o europea.

Antecedentes normativos relacionados al mercado de los encofrados

Chile, a diferencia del mercado internacional
No tiene normativa que regule el uso de equipos de encofrados.

- Especificaciones técnicas,
- Manuales,
- Reglamentaciones y
- Diseños que los proveedores suministran.
(Vito, 2017).



Plan de Desarrollo

Levantamiento de Información

BRavo
IZQUIERDO

INGEVEC

ECBI

ECHAVARRI

LYD



APUNTALAMIENTO
DE LOSAS

Levantamiento de Información

APUNTALAMIENTO DE LOSAS



ANÁLISIS POR CONSTRUCTORA																	
CONSTRUCTORA	MUESTRA TOTAL(*)	OBRA	FECHA DE VISITA MES/AÑO	VARIABLES DEFICIENTES A CONSIDERAR													
				RELATIVO A MANO DE OBRA						RELATIVO A GESTION DE CONTROL							
				DISTANCIA ENTRE POSTES	DISTANCIA ENTRE VIGAS	APLOME DE POSTES	APERTURA DE HUSILLOS	VIGAS EN VOLADIZO	FIJACIONES	EQUIPO INCOMPLETO	MEZCLA DE EQUIPO	MONTAJE INSEGURO	RIESGO DE VOLCAMIENT O	CONSIDERACI ON DE PLANOS	OTROS		
BRAVO IZQUIERDO	15 /6	EDIFICIO BARCELONA	abr-18	1				1				1					
			abr-18				1										
		U. DE LOS ANDES	jun-18						1					1			
			jul-18						1					1			
			ago-18					1									
		TECNORED	ene-19	1		1			1								
			nov-18										1				
		EDIFICIO ORDOÑEZ	dic-18				1					1		1			
			may-18							1							
		EDIFICIO PASEO ANDINO	ago-18							1	1	1					
			oct-18											1			
		EDIFICIO PADRE WERNER	oct-18	1		1				1		1		1	1		
			ene-19					1		1							
			ene-19	1	1			1							1		
					ago-19	1				1							
		SUBTOTALES		5	1	2	2	5	3	4	1	3	3	5	0		
		% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		33,33	6,67	13,33	13,33	33,33	20,00	26,67	6,67	20,00	20,00	33,33	0,00		

APUNTALAMIENTO
DE LOSAS

ANÁLISIS POR CONSTRUCTORA

CONSTRUCTORA	MUESTRA TOTAL(*)	OBRA	FECHA DE VISITA MES/AÑO	VARIABLES DEFICIENTES A CONSIDERAR													
				RELATIVO A MANO DE OBRA						RELATIVO A GESTION DE CONTROL							
				DISTANCIA ENTRE POSTES	DISTANCIA ENTRE VIGAS	APLOME DE POSTES	APERTURA DE HUSILLOS	VIGAS EN VOLADIZO	FIJACIONES	EQUIPO INCOMPLETO	MEZCLA DE EQUIPO	MONTAJE INSEGURO	RIESGO DE VOLCAMIENT O	CONSIDERACI ON DE PLANOS	OTROS		
INGEVEC	24 /8	EDIFICIO LA CABAÑA	nov-18							1							
			dic-18										1				
			dic-18									1					
			ene-19					1									
		EDIFICIO NATANIEL COX	abr-18	1				1									
			may-18	1													
			jun-18											1			
			ago-18						1	1		1					
		EDIFICIO MIRADOR	jul-19												1		
			dic-19							1							
		EDIFICIO IN CITY	may-18						1								
			jun-18														
		EDIFICIO CARMEN	jul-19														
			ago-19														
		EDIFICIO NOVENA AVENIDA	mar-19			1								1			
			may-19	1													
			may-19	1	1	1											
			jun-19		1	1			1								
			ago-19		1				1								
		EDIFICIO DON MANUEL	jul-19													1	
			ago-19														
		EDIFICIO CLIC	nov-18	1			1										
			dic-18									1					
			abr-19							1							
		SUBTOTALES		5	3	4	0	3	4	4	0	1	2	1	3		
		% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		20,83	12,50	16,67	0,00	12,50	16,67	16,67	0,00	4,17	8,33	4,17	12,50		



ANÁLISIS POR CONSTRUCTORA																	
CONSTRUCTORA	MUESTRA TOTAL(*)	OBRA	FECHA DE VISITA MES/AÑO	VARIABLES DEFICIENTES A CONSIDERAR													
				RELATIVO A MANO DE OBRA						RELATIVO A GESTIÓN DE CONTROL							
				DISTANCIA ENTRE POSTES	DISTANCIA ENTRE VIGAS	APLOME DE POSTES	APERTURA DE HUSILLOS	VIGAS EN VOLADIZO	FIJACIONES	EQUIPO INCOMPLETO	MEZCLA DE EQUIPO	MONTAJE INSEGURO	RIESGO DE VOLCAMIENTO	CONSIDERACIÓN DE PLANOS	OTROS		
ECBI	33 /3	EDIFICIO 2 NORTE	mar-19	1		1											
			mar-19	1													
			mar-19						1		1			1			
			abr-19	1													
			may-19					1						1			
			may-19											1			
			may-19											1			
			jun-19									1					
			jun-19														
			dic-19					1									
		U. DEL DESARROLLO	ago-19									1					
			ago-19								1						
			ago-19									1					
			ago-19			1											
		EDIFICIO CENTENARIO	nov-18											1			
			dic-18										1				
			dic-18									1					
			dic-18									1					
			ene-19										1				
			ene-19		1												
			ene-19					1									
			feb-19	1													
			feb-19														
			feb-19										1				
			mar-19											1			
			jun-19							1							
			jul-19						1								
			jul-19							1							
			sept-19														
			oct-19						1								
			nov-19						1								
			nov-19		1												
			nov-19														
SUBTOTALES				4	2	2	0	3	3	3	2	4	4	2	4		
% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS				12,12	6,06	6,06	0,00	9,09	9,09	9,09	6,06	12,12	12,12	6,06	12,12		

APUNTALAMIENTO
DE LOSAS

Levantamiento de
Información



ANÁLISIS POR CONSTRUCTORA															
CONSTRUCTORA	MUESTRA TOTAL(*)	OBRA	FECHA DE VISITA MES/AÑO	VARIABLES DEFICIENTES A CONSIDERAR											
				RELATIVO A MANO DE OBRA						RELATIVO A GESTION DE CONTROL					
				DISTANCIA ENTRE POSTES	DISTANCIA ENTRE VIGAS	APLOME DE POSTES	APERTURA DE HUSILLOS	VIGAS EN VOLADIZO	FIJACIONES	EQUIPO INCOMPLETO	MEZCLA DE EQUIPO	MONTAJE INSEGURO	RIESGO DE VOLCAMIENT O	CONSIDERACI ON DE PLANOS	OTROS
ECHAVARRI	10	CONDOMINIO LA	may-18							1					
			may-18							1					
			jun-18	1											
			ago-18							1					
			sept-18											1	
			sept-18												
			oct-18							1					
			dic-18										1		
		MIRADOR DEL CANTO	may-18		1										
			jun-18				1								
		SUBTOTALES		1	1	0	1	0	0	4	0	0	0	1	1
		% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		10,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,00	40,00	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00

Levantamiento de Información



APUNTALAMIENTO
DE LOSAS

ANÁLISIS POR CONSTRUCTORA															
CONSTRUCTOR	MUESTRA TOTAL(*)	OBRA	FECHA DE VISITA MES/AÑO	VARIABLES DEFICIENTES A CONSIDERAR											
				RELATIVO A MANO DE OBRA						RELATIVO A GESTION DE CONTROL					
				DISTANCIA ENTRE POSTES	DISTANCIA ENTRE VIGAS	APLOME DE POSTES	APERTURA DE HUSILLOS	VIGAS EN VOLADIZO	FIJACIONES	EQUIPO INCOMPLETO	MEZCLA DE EQUIPO	MONTAJE INSEGURO	RIESGO DE VOLCAMIENT O	CONSIDERACI ON DE PLANOS	OTROS
LY D	18	MUTUAL DE SEG	ago-18											1	
			nov-18							1					
			nov-18	1						1					
			dic-18	1	1			1				1			
			ene-19			1			1	1					
			feb-19					1		1		1			
			mar-19					1							
			mar-19							1					
			mar-19							1			1	1	
			mar-19					1					1		
			abr-19							1					
			abr-19		1							1			
			abr-19			1		1							
			abr-19	1									1		
			may-19												
			may-19												
			jun-19			1							1		
jun-19			1							1		1			
		SUBTOTALES		3	2	4	0	5	1	7	1	3	3	1	
		% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		16,67	11,11	22,22	0,00	27,78	5,56	38,89	5,56	16,67	16,67	16,67	5,56

OBJETIVOS

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Plan de Desarrollo

METODOLOGÍA

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

RESULTADOS OBTENIDOS



Fuente: Elaboración Propia.

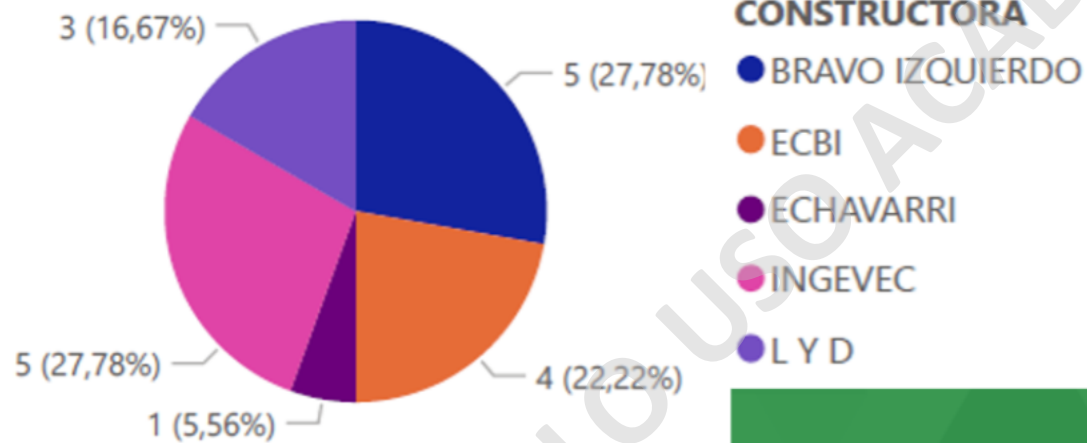
De una muestra total de 100 informes, de 20 obras ejecutadas en simultaneo, en 5 empresas constructoras

Evaluación específica sobre las constructoras

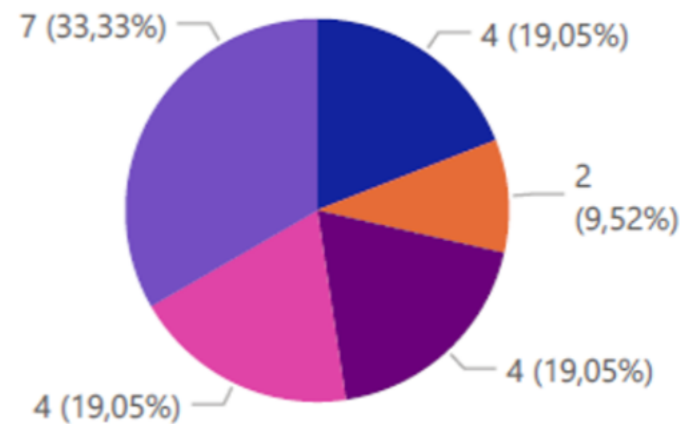
Análisis relativo a Mano de Obra

Análisis relativo a Gestión de Control

Distancia entre postes

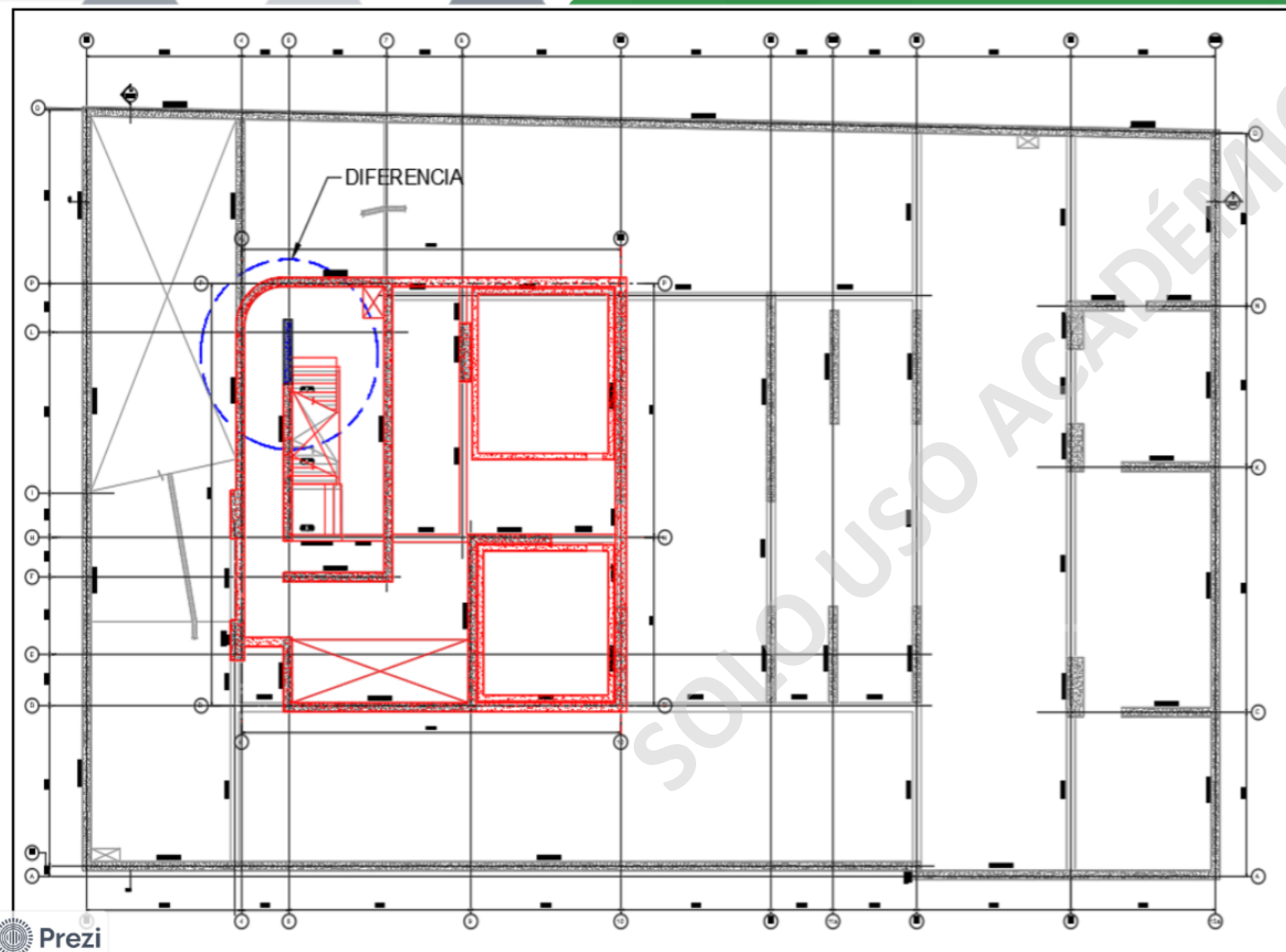


Equipo incompleto



Fuente: Elaboración Propia.

La empresa Ingevec es la que presenta mayor porcentaje de Ineficiencias relativas a Mano de Obra.



1- Estandarización y simplicidad

-Homologación de la propuesta de diseño de encofrados entre la planta -6 y la siguiente.

Esto permite:

- Ahorro por uso del mismo material
- Ahorro de tiempo en el montaje derivado de la repetición.(mismo montaje)

[illegible]

SECCIÓN  B

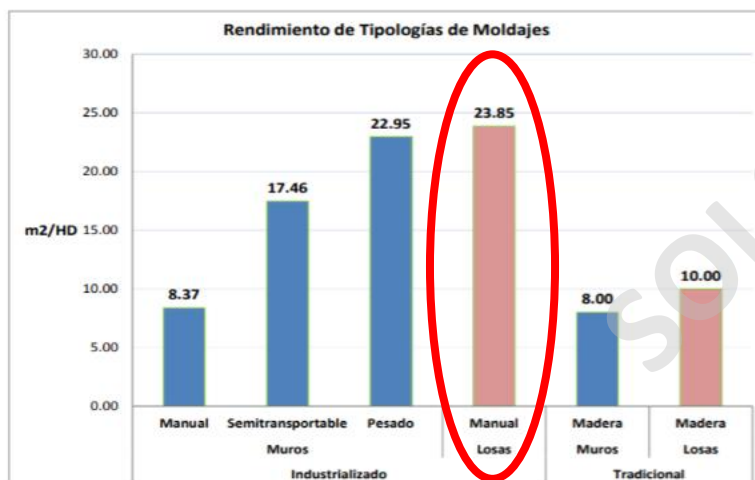
Rendimientos en el Apuntalamiento de Losas

Tabla N°11: Rendimientos de equipo de apuntalamiento por empresas proveedoras.

TABLA COMPARATIVA DE RENDIMIENTOS DE APUNTALAMIENTO DE LOSAS ENTRE PROVEEDORES EN EL MERCADO NACIONAL.		
PROVEEDOR	TIPO DE SISTEMA	
	MONOPOSTE	TORRETA
	RENDIMIENTO m2/HD (Hombre/Día)	RENDIMIENTO m2/HD (Hombre/Día)
UNISPAN	45	35
DOM	40	34
SOINSA	43	38
FORM- SCAFF	40	38
EFCO	42	35
ULMA	46	40
DOKA	43	37
PERI	42	35

*Promedio de 42,6 y 36,5 m2/HD
Fuente: Revista BIT.

Gráfico N°11: Rendimientos de equipo de apuntalamiento a nivel país periodo 2018-19



Fuente: Informe técnico Productividad en la construcción
Centro desarrollo Tecnológico (CDT) y Cámara Chilena de la Construcción (CChC)

Cubicación Losa 6° Subte. Edificio Nataniel Cox.

EFCO DE CHILE - Lista de Equipos para Arriendo

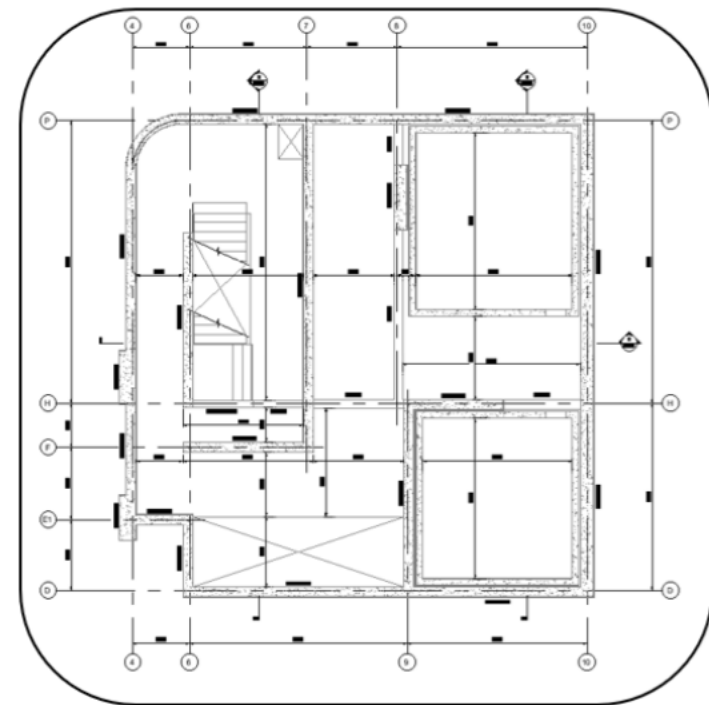
CONSTRUCTORA INGEVEC S.A.
EDIFICIO NATANIEL COX
ALZAPRIMADO 6° SUBTE.
XXX
108, 109



Tasa De Arriendo Diaria	0,16%
Tasa De Arriendo Mensual	4,80%

DESCRIPCION	LOSA	VIGA	CANT.	PESO		VALOR VENTA	
				UNITARIO	TOTAL	UNITARIO	TOTAL
	1	1		KGS	KGS	\$ USD	\$USD
PRO4 Gato	53	13	66	8,61	568,26	79,80	5.266,80
PRO4 Tubo 1825 2E	53	13	66	6,35	419,10	84,20	5.557,20
PRO4 Cabezal	53	4	57	3,75	213,75	40,05	2.282,85
PRO4 Cabezal T		9	9	8,70	78,30	68,80	619,20
PRO4 Tripode	53	13	77	7,71	593,67	69,50	5.351,50
Z-Beam x 1220 Aper.	4		4	13,35	53,40	91,20	364,80
Z-Beam x 1830 Aper.	7		7	18,30	128,10	99,10	693,70
Z-Beam x 2440 Aper.	8		8	23,24	185,92	123,50	988,00
Z-Beam x 3050 Aper.	2		2	28,18	56,36	145,75	291,50
Z-Beam x 3660 Aper.	1		1	33,12	33,12	164,50	164,50
Z-Beam x 4265 Aper.	2		2	38,06	76,12	182,50	365,00
E-Beam x 900	2		2	5,03	10,06	18,90	37,80
E-Beam x 2100	2	2	4	11,75	47,00	43,75	175,00
E-Beam x 2400	4	2	6	13,43	80,58	49,90	299,40
E-Beam x 3000	8	4	12	16,78	201,36	62,40	748,80
E-Beam x 3300	5	4	9	18,46	166,14	68,60	617,40
E-Beam x 3600	8		8	20,14	161,12	74,80	598,40
E-Beam x 3900	14	4	18	21,82	392,76	81,10	1.459,80
E-Beam x 4200	18		18	23,50	423,00	87,50	1.575,00
E-Beam x 4500	1		1	25,17	25,17	93,40	93,40
E-Beam x 4800	13	4	17	26,85	456,45	99,80	1.696,60
E-Beam Baranda Lateral SS-61	6		6	10,00	60,00	83,70	502,20
Perno Mariposa x 50 SS60/SS61	6		6	0,09	0,54	10,05	60,30
Tuerca R-Rap 19 mm	20	22	42	0,09	3,78	0,95	39,90
Perno R-Rap 19 x 38	20	22	42	0,13	5,46	1,50	63,00

TOTALES		4.457,29	29.985,21
VALOR ARRIENDO MENSUAL		UNITARIO ARRIENDO MENSUAL US\$	#DIV/0! 1.439,29



M2 totales:
187.65

Rendimientos

Proveedores: 42,6m²/HD
Mercado: 23,85m²/HD

Precios:

Tasa Diaria 0,16%
Tasa mensual 4,8%

Valor Total: 29.985,21

OBRA	RELATIVO A MANO DE OBRA		RELATIVO A GESTION DE OBRA	
EDIFICIO NATANIEL COX	N° DE DEFICIENCIAS	TOTALES POSIBLES	N° DE DEFICIENCIAS	TOTALES POSIBLES
	8	30	1	30
% DE INEFICIENCIA	27,78		3,33	
% INEFICIENCIA GLOBAL DE LA PARTIDA		15,00		

PROVEEDOR	MERCADO
2,8 DIAS	6,19 DIAS

En síntesis, si multiplicamos el total del valor en dólares por la tasa diaria, nos arroja el siguiente resultado:

	Total, en US\$	Tasa diaria
	29,985,21	0,16
SUBTOTAL	4797,63	

	PROVEEDORES Escenario Óptimo de Rend.	MERCADO NACIONAL Con % de ineficiencia
	US \$23268,50	US \$29073,63
DIFERENCIA	US\$5805,13	

A Esto le sumamos un 15% de nuevos insumos.

US\$ 6675,89

Por lo tanto, entre material y mano de obra adicional, calculada en pesos chilenos, tenemos:

\$ 6.028.528,94

US\$ 1 = \$903,03 chilenos al día 28/08/22

De los datos extraídos con anterioridad, si dividimos el total de m² de planta por los rendimientos, obtenemos los siguientes resultados de días de trabajo:

PROVEEDORES	MERCADO
4,4 DIAS	8,17 DIAS

Ahora bien, considerando al menos 2 personas para el montaje:

PROVEEDORES	MERCADO
2,2 DIAS	4,85 DIAS

OBJETIVOS

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Plan de Desarrollo

METODOLOGÍA

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

Conclusiones.

1- Prolijidad de la propuesta de diseño de la empresa Proveedora.

Al no contar con normativa , el montaje debe regirse estrictamente por lo declarado en los planos de montaje (SUPERVISIÓN PERMANENTE EN FAENA)

2-Mano de obra calificada

Con un grado de RESPONSABILIDAD Y COMPROMISO mayor sobre la tarea desarrollada en la linea de producción.

3- Rol mas activo por parte de las empresas proveedoras.

Se considera que los encargados de terreno de las empresas proveedoras deberian cumplir un rol mas bien de **Supervisor permanente en obra** mas que de un **Asesor esporadico** como lo es el papel que cumplen hoy en faenas de montaje de encofrados.