

Plan de Implementación de la Práctica AACE 22R-01 Medición Directa de la Productividad
Laboral en la Actividad de Mampostería para los Proyectos de Construcción de Vivienda de
Interés Social VIS

Karen Julieth Gualdron Chaparro y Diana Sofía Sáenz Carrillo

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela De Ingeniería Civil

Especialización En Gerencia De Proyectos De Construcción

Bucaramanga

2022

Plan de Implementación de la Práctica AACE 22R-01 Medición Directa de la Productividad
Laboral en la Actividad de Mampostería para los Proyectos de Construcción de Vivienda de
Interés Social VIS

Autores:

Karen Julieth Gualdron Chaparro y Diana Sofía Sáenz Carrillo

Presentado para optar el Título de: Gerente de Proyectos de Construcción

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela De Ingeniería Civil

Especialización En Gerencia De Proyectos De Construcción

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Agradecemos a Dios por la oportunidad que nos dió de prepararnos y de ampliar nuestros conocimientos en la vida profesional para servir de manera satisfactoria a la comunidad e igualmente esta preparación es el fruto de que todo esfuerzo será siempre recompensado.

A cada uno de nuestros familiares que hicieron parte de este proceso que de una u otra manera aportaron su amor para incentivarnos a salir adelante; quienes nos apoyaron sin esperar nada a cambio compartiendo consejos, alegrías y saberes para culminar con éxito un logro más en nuestra vida.

Tabla De Contenido

	Pág.
Resumen	
1. Introducción	8
2. Objetivos	9
2.1 Objetivo General:	9
2.2 Objetivos Específicos:	9
3. Planteamiento del Problema	10
4. Alcance	10
5. Marco Teórico	11
5.1 Teoría Del Muestreo De Trabajo.....	12
6. Metodología	13
7. Analisis De Información Y Resultados.	16
8. Conclusiones	22
9. Bibliografía.....	23

Lista de Figuras

Figura 1. Proceso De Etapas Para La Ejecución Mano De Obra Mampostería	14
Figura 2. Resumen De La Metodología A Aplicar.	14
Figura 3. Formulario Adaptado Del Apéndice B Practica Aace-Rp_022r-01	16
Figura 4. Actividad De Construcción De Muros En Mampostería Reforzada	16
Figura 5. Medición De Juntas De Mortero	17
Figura 6. Instalaciones Hidrosanitarias En Muros De Mampostería	17
Figura 5. Participación Por Tipo De Actividad	18
Figura 6. Formulario Diligenciado En Campo	18
Figura 7. Gráfico De Tiempo Utilizado Por Tipo De Trabajo	19
Figura 8. Grafica De Detallado De Actividades No Contributivas	20
Figura 9. <i>Resumen De Causas De Descanso Intermitente</i>	20
Figura 10. Trabajo Productivo Y No Productivo En Diagrama De Torta	39

Resumen

Título: Plan De Implementación de la Practica AACE 22R-01 Medición Directa de la Productividad Laboral en la Actividad de Mampostería para los Proyectos de Construcción de Vivienda de Interés Social VIS.

Autores: Karen Julieth Gualdron Chaparro y Diana Sofía Sáenz Carrillo.

Palabras Claves: Medición laboral, rendimiento, productividad de mano de obra, mampostería.

Descripción:

El presente documento contiene el plan de implementación de la práctica AACE 22R-01 medición directa de la productividad laboral en la actividad de mampostería para los proyectos de construcción de vivienda de interés social VIS, este trabajo de grado se basa en identificar las diferentes tareas que hacen parte de la ejecución de la mampostería en obra, para proceder a recolectar datos de muestreo de manera aleatoria en tiempo real en campo y poder observar la participación de cada tarea en cuanto al tiempo gastado en minutos.

Las tareas fueron divididas en trabajo productivo, contributivo y no contributivo, siendo el último caso, el caso a revisar, pues el porcentaje que se gaste de tiempo, es el tiempo que se puede mejorar y volver más eficiente. Con la implementación de la practica AACE 22R-01 esos tiempos perdidos en el proceso constructivo se identificarán y se analizarán con el fin de mejorar la productividad laboral, logrando optimizar el tiempo y mejorando la planeación administrativa.

Abstract

Title: Plan for the implementation of practice AACE 22R-01 direct measurement of labor productivity in the masonry activity for VIS social housing construction projects.

Authors: Gualdron Chaparro, K / Sáenz Carrillo, D.

Keywords: Labor measurement, yield, labor productivity, masonry.

Description:

This document contains the plan for practice implementation AACE 22R-01 direct measurement of work productivity in masonry activity for VIS social housing construction projects, this work is based on identify the different tasks that are part of the execution of the masonry in construction site, to proceed to collect random sampling data in real time in the job site and observe the participation of each task in terms of the time spent in minutes.

The tasks were divided into productive, contributory and non-contributory work, the last case being the case to be reviewed, since the percentage of time spent is the time that can be improved and made more efficient. With the implementation of the AACE 22R-01 practice, those times lost in the construction process will be identified and analyzed in order to improve labor productivity, optimizing time and improving administrative planning.

1. Introducción

En Colombia el sector de la construcción es uno de los pilares que sostiene e impulsa la economía del país, debido al gran movimiento económico que se genera al comprar materiales y pagar la mano de obra, entre otras obligaciones que deben efectuarse para la ejecución de un proyecto de construcción.

En los últimos años, el desarrollo de proyectos de vivienda VIS (vivienda de interés social) ha incrementado en el mercado debido al ofrecimiento de los subsidios, tasas de interés y demás ayudas por parte del Estado, para que los colombianos, especialmente la población con bajos recursos económicos, pueda acceder a su propia casa o puedan invertir en estos proyectos. El valor de venta de cada vivienda y sus características arquitectónicas dependerá del costo final de su construcción y este valor no se podrá pasar del tope VIS que el estado imponga. Es por esta razón que, para las constructoras el tema de controlar los costos y gastos se vuelve muy importante a lo largo de toda su cadena de valor, iniciando con la planeación del proyecto, la ejecución de la obra y la postventa que pueda generar. En muchas ocasiones, determinar la productividad de un proyecto es complejo de realizarlo ya sea por falta de estandarizar procesos en todas sus etapas o monitorear la ejecución de las actividades en obra.

Dentro de la productividad de un proyecto debe considerarse la productividad laboral, que mejorarla convierte a una constructora en una empresa más competitiva, donde puede garantizar entregar el proyecto con mayor calidad, optimizando los costos que se proyectaron al inicio y minimizando los plazos de ejecución. Por este motivo, se debe buscar la manera de implementar metodologías y herramientas que midan en tiempo real la productividad laboral en la ejecución de las obras, e identificar los factores que estén afectando dichos procesos para optimizar el uso de este recurso.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Establecer una metodología basada en la práctica AACE 22R-01 para lograr la medición directa de la productividad laboral, en las actividades de mampostería en los proyectos de construcción de Vivienda de interés social VIS.

2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar las tareas que se implementan para la actividad de ejecución de la mampostería.
- Identificar las variables que esté generando demoras o atrasos en la actividad de mampostería, a través de la inspección visual y registro de avances en diferentes jornadas laborales.
- Proponer una metodología basada en la AACE 22R-01 para aplicarla en el control de actividades no productivas en la actividad de mampostería.

3. Planteamiento del Problema

En la actualidad existe la necesidad de volver más competitivas a las empresas constructoras, para tener participación por muchos años en el mercado. Por esta razón el tema de mejorar la productividad laboral es muy importante y el poder implementar métodos que ayuden a minimizar los costos y los tiempos que se proyectan en la ejecución de cada actividad de obra es el objetivo principal.

El presente proyecto surge de esa necesidad de implementar procedimientos que permitan monitorear y optimizar la productividad laboral en las actividades que se ejecutan en un proyecto de obra civil para la construcción de vivienda, en este caso para la actividad de mampostería en un proyecto de vivienda de interés social VIS.

4. Alcance

La realización del presente trabajo adopta la práctica recomendada AACE-RP_022R-01 (“Direct labor productivity measurement -as applied in construction and major maintenance projects”) para la recopilación de datos y análisis de resultados de la actividad de mampostería en el proceso de la construcción de vivienda de interés social VIS.

5. Marco Teórico

La productividad laboral de la mano de obra en la construcción es una medida de la eficiencia del proceso de trabajo y puede definirse como la relación entre el valor que produce el trabajo y el valor invertido en ese trabajo

La productividad aumenta a medida que se minimizan los recursos laborales necesarios y se eliminan los esfuerzos desperdiciados dentro del proceso de trabajo (22R-01, April 26,2004). La productividad de la mano de obra en el sector de la construcción es un elemento importante ya que da cuenta del rendimiento de las actividades ejecutadas.

Es importante encontrar métodos para la optimización de recursos y procesos desde la planeación, para así, reducir los sobrecostos y evitar las perdidas principalmente acarreadas por el recurso humano. Uno de estos métodos es la filosofía de *Lean Construction* donde su principio es la optimización de recursos, costos y tiempos orientando sus resultados a la identificación de y eliminación de pérdidas y todo aquello que no genere valor dentro del proceso de producción¹ (Bocanegra, Vol. 12 no.1, Enero-Junio 2016),

La práctica AACE RP-022R-01 (*“Direct Labor Productivity Measurement-as Applied in Construction and Major Maintenance Projects”*) también nos recomienda un método directo para medir, monitorear y optimizar la productividad laboral en los proyectos de construcción de una manera estadística tomando muestras de trabajos en diferentes horarios laborales para observar el desempeño de las actividades ejecutadas y clasificando los tipos de trabajo en:

Trabajo productivo: Actividades para la contribución directa y productiva en completar el alcance del trabajo (practica AACE-RP_022R-01).

Trabajo contributivo: Actividades de apoyo que no contribuyen directamente a completar un trabajo o proyecto (practica AACE-RP_022R-01).

Trabajo no contributivo: Actividades que no contribuyen ni directa o indirectamente a completar el trabajo. Tiempo sin actividad (practica AACE-RP_022R-01).

5.1 Teoría Del Muestreo De Trabajo

El muestreo de trabajo se basa en la teoría de la probabilidad. Esto significa que las muestras de actividad observadas al azar de un gran grupo de actividades de la mano de obra en un proyecto tienden a tener el mismo patrón de distribución que el del grupo grande. La relación entre el número de observaciones (muestras) de una actividad determinada y el número total de observaciones de todas las actividades se aproxima al porcentaje de tiempo que el proceso de trabajo dedica a esa actividad (practica AACE-RP_022R-01).

El muestreo del trabajo requiere la recopilación de datos de rutina por parte de analistas capacitados de construcción que observen a toda la fuerza laboral en el lugar. Los recorridos de observación aleatorios deben realizarse en momentos seleccionados al azar durante todos los períodos de trabajo (practica AACE-RP_022R-01).

6. Metodología

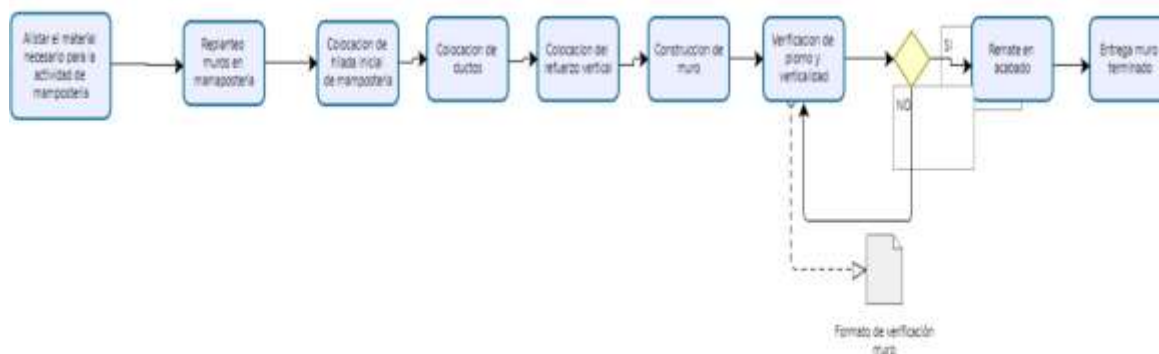
Para el análisis del presente estudio, se tomará como información base la actividad de construcción de muros de mampostería en las edificaciones de vivienda de interés social VIS y mediante la implementación de la práctica AACE-RP_022R-01 se medirá la productividad laboral para la actividad mencionada anteriormente.

La actividad de mampostería es un sistema constructivo en el que los muros del edificio pueden realizar la función de ser estructural o decorativos, el cual está fundamentado en ser instalados a mano mediante colocación de bloques de ladrillo, acero de refuerzo y mortero de pega para su terminado. La mampostería reforzada de tipo ladrillo se ha ido industrializando con el paso del tiempo debido a que en el mercado se consiguen bloques de ladrillos de diferentes medidas los cuales se utilizan de acuerdo al diseño de cada especialista; su instalación se realiza con mortero compuesto por una mezcla de agua, cemento y ocasionalmente aditivos. Dentro de los materiales a utilizar para la construcción del muro de mampostería reforzado también se encuentra el acero para controlar fisuras y cambios volumétricos por refracción o temperatura estos materiales empleados son de fácil adquisición a nivel nacional. Para la ejecución de esta actividad debemos tener una buena planificación en compra e ingreso de materiales a sitio para así evitar problemas en su ejecución.

En las obras esta actividad se conforma de varias etapas, iniciando con la gestión y alistamientos de los materiales en campo hasta la modulación y terminación del muro con la calidad y especificaciones requeridas por el proyecto. En la Figura 1. Se puede observar las etapas que se implementan para la ejecución de la mano de obra de la mampostería.

Figura 1.

Proceso de etapas para la ejecución mano de obra mampostería

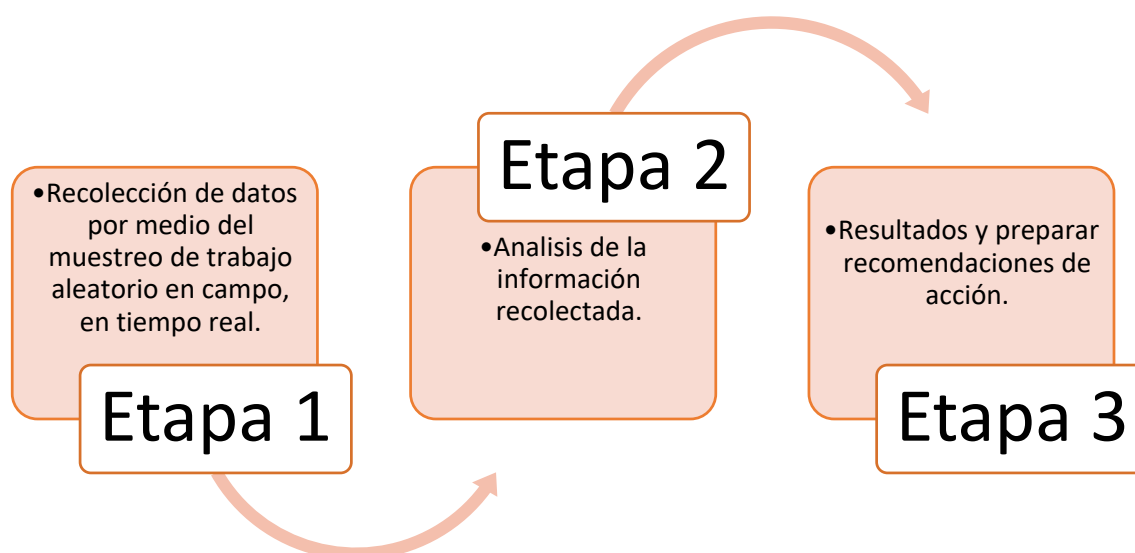


Nota. Representación del proceso de mano de obra para ejecución de construcción de muro en mampostería,

La metodología de la medición directa de la productividad laboral, de acuerdo con la práctica recomendada AACE-RP_022R-01, se resumen en la siguiente Figura 2. resumen de metodología.

Figura 2.

Resumen de la metodología a aplicar.



Nota. Artículo análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra, A. Gómez Cabrera y D, Morales Bocanegra; 2016

Se identifican las diferentes tareas que se deben implementar para la ejecución de la actividad de mampostería y en las cuales se deberá tomar datos durante ellas:

- Solicitud de materiales a almacenista de obra.
- Alistamiento de materiales en el piso y apartamento que se trabaje.
- Replanteo muro de mampostería.
- Colocación de hilada inicial de mampostería.
- Colocación de ductos por parte de trabajadores eléctricos y plomeros.
- Colocación de refuerzos.
- Construcción muro.
- Verificación de plomo, verticalidad y especificaciones.
- Remate de acabado muro.
- Entrega de muro a supervisión.

Teniendo en cuenta la recomendación de la practica AACE-RP_022R-01, se explica el procedimiento para la recolección de datos y la finalidad de los resultados a los ingenieros de obra, supervisores y encargados de la actividad de mampostería.

La recolección de datos se realizó en las diferentes visitas a obra de manera aleatoria, durante una semana de jornada laboral, en la que se tomaron datos de las tareas en diferentes horas del día, teniendo en cuenta la jornada laboral de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 4:30 p.m. con tiempo de 1 hora para almuerzo al medio día y con tiempo de 15 minutos a las 9:00 a.m. y a las 3:00 p.m. para descanso y el sábado con horario de 7:00 a.m. a 12:00 m.

Durante las diferentes inspecciones visuales, se diligencia el siguiente formulario de recolección de datos, el cual es recomendado por la practica AACE-RP_022R-01 apéndice B, adaptándolo a nuestro caso de estudio que es la actividad de mampostería. Se muestra la Figura 3.

Formulario adaptado del Apéndice B practica AACE-RP_022R-01.

Figura 3.

Formulario adaptado del Apéndice B practica AACE-RP_022R-01

ACTIVIDAD DE MAMPOSTERIA-RESULTADOS DIARIOS																
Proyecto:																
No. Personas por cuadrilla																
No. de recorrido	Fecha	Tiempo de recorrido		Trabajo directo productivo					Trabajo Indirecto-Contributivo		No Contributivo				Observaciones	
		Hora Inicial	Hora Final	Replanteo del muro de mampostería	Instalación de la primera hilada de ladrillos de mampostería	Colocación de ductos	Colocación de refuerzos de acero	Construcción muros de depende del tamaño	Solicitud de materiales al almacenista de obra	Alistamiento de materiales en la zona a trabajar	Pausas Activas	Descansos intermitentes de personal	Esperas por diferentes razones	Reprocesos		Desplazamiento al sitio de trabajo
Minutos totales				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL MINUTOS POR TIPO DE ACTIVIDAD				0					0		0					

Nota. Adaptación del apéndice B de la práctica recomendada AACE-RP-022R-01 (AACE International, 2004)

7. Analisis De Información Y Resultados.

Se recopiló toda la información en una base de datos para realizar un análisis estadístico de manera gráfica, dividiendo las tareas en trabajo directo productivo, trabajo indirecto no productivo y trabajo contributivo, revisando los rendimientos reales en la obra.

Figura 4.

Actividad de construcción de muros en mampostería reforzada



Figura 5.

Medición de juntas de mortero



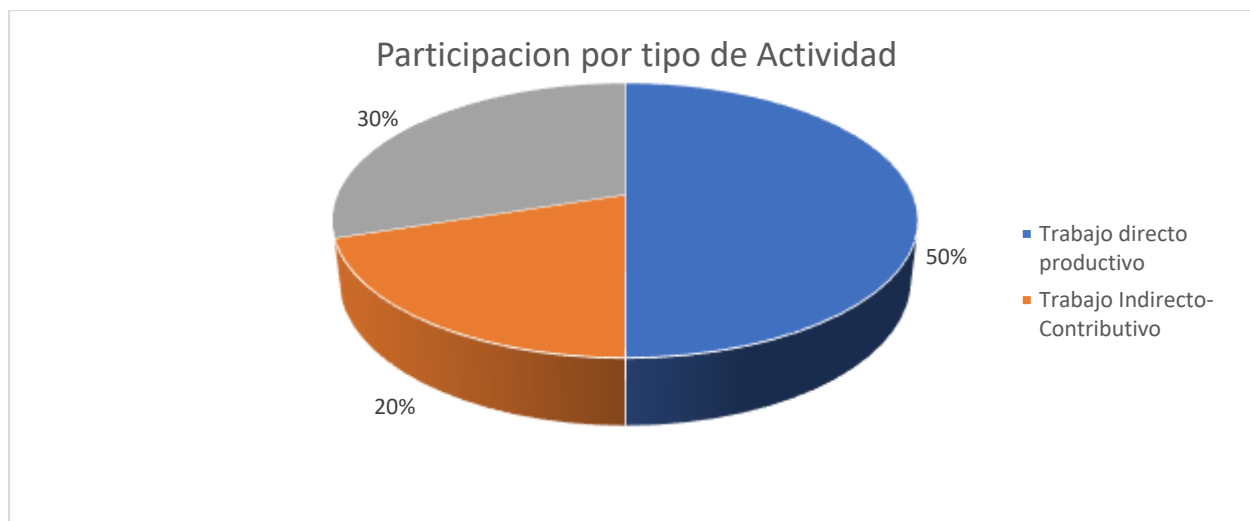
Figura 6.

Instalaciones hidrosanitarias en muros de mampostería



Figura 7.

Participación por tipo de actividad



Nota. Esta figura representa el porcentaje de participación por tipo de actividad en el proceso de construcción de muro de mampostería.

En la Figura 8.

Formulario diligenciado en campo, se puede ver la cantidad de inspecciones visuales realizadas en diferentes horarios del día de trabajo.

Figura 8.

Formulario diligenciado en campo

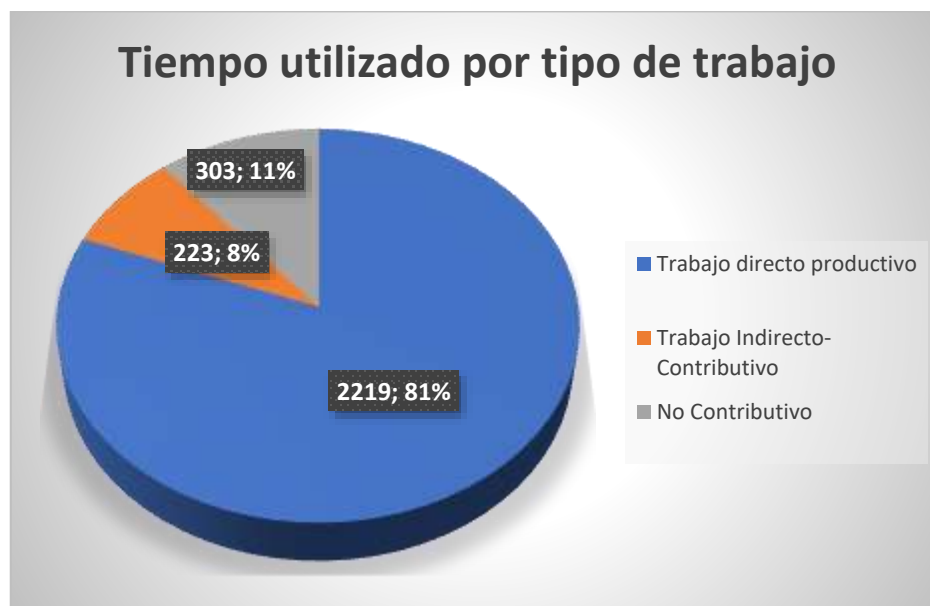
ACTIVIDAD DE MAMPOSTERIA-RESULTADOS DIARIOS																
Proyecto:																
No. Personas por cuadrilla:		4 cuadrillas de (1oficial + 1 ayudante)/cu														
No. de recorrido	Fecha	Tiempo de recorrido		Trabajo directo productivo					Trabajo Indirecto-Contributivo			No Contributivo				Observaciones
		Hora Inicial	Hora Final	Replanteo del muro de mampostería	Instalación de la primera hilada de ladrillos de mampostería	Colocacion de ductos	Colocacion de refuerzos de acero	Construccion muros depende del tamaño	Solicitud de materiales al almacenista de	Allistamiento de materiales en la zona a trabajar	Pausas Activas	Descansos intermitentes de personal	Esperas por diferentes razones	Reprocesos	Desplazamiento al sitio de trabajo	
1	8/08/2022	10:00	11:30	15	10	25	30	180	7	15	5	15	3	10	9	
2	9/08/2022	7:00	9:00	30	6	28	32	185	10	12	3	12	7	0	10	
3	9/08/2022	14:00	16:00	22	8	22	35	190	12	9	8	5	6	0	12	
4	10/08/2022	8:30	9:45	12	6	30	28	150	15	20	6	7	5	15	7	
5	11/08/2022	13:00	14:55	20	7	35	23	196	18	22	7	12	7	0	13	
6	12/08/2022	9:15	10:30	18	6	28	27	220	8	18	5	8	8	12	7	
7	12/08/2022	14:30	15:45	16	7	38	34	205	10	13	9	6	4	0	14	
8	13/08/2022	8:00	10:00	25	8	27	37	198	17	17	6	9	5	16	10	
Minutos totales				158	58	233	246	1524	97	126	49	74	45	53	82	
TOTAL MINUTOS POR TIPO DE ACTIVIDAD				2219					223			303				

Nota. Representación del trabajo en campo realizado en la construcción de muro de mampostería

En la Figura 9. Se identifican los diferentes tipos de trabajo con su rendimiento en minutos.

Figura 9.

Gráfico de Tiempo utilizado por tipo de trabajo



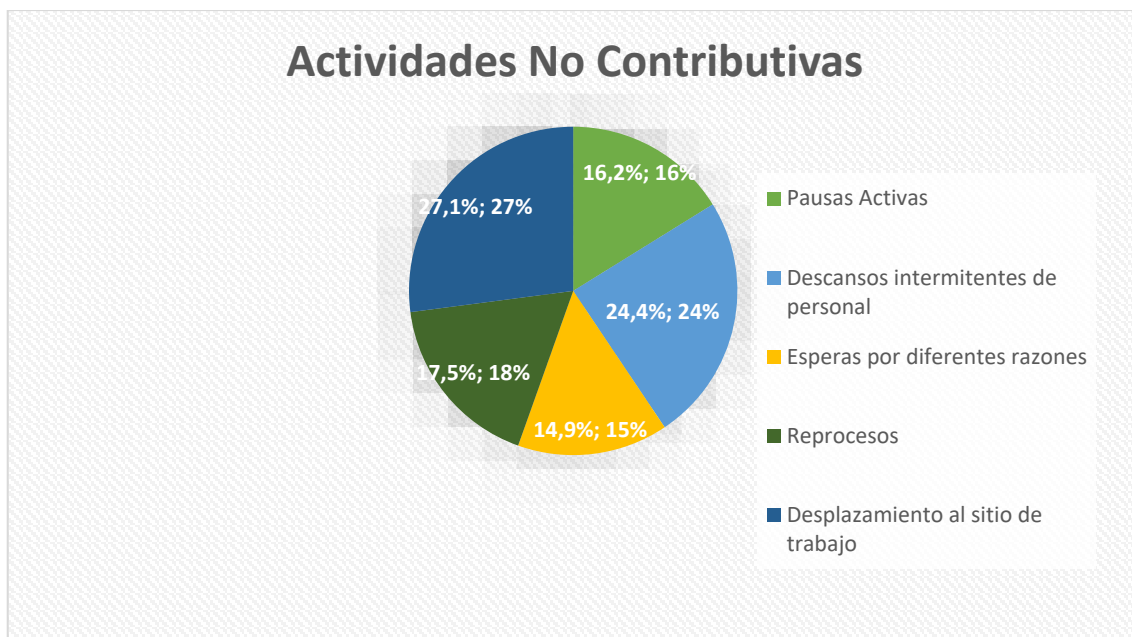
Nota. Representación en grafica del tiempo utilizado por tipo de trabajo en la cuadrilla

En la gráfica se puede observar como en esta actividad de mampostería el mayor porcentaje de tiempo gastado está comprendido en el tipo de trabajo productivo, pero se analiza que un 11% es gastado en tiempo no contributivo, lo cual demuestra que se puede mejorar en esta obra esa pérdida de tiempo y se le podría aumentar ese porcentaje a las actividades productivas o contributivas, logrando mejorar los rendimientos y la calidad de la actividad.

Para esta revisión se muestra la Figura 10 en donde está el detallado de las actividades no contributivas.

Figura 10.

Grafica de Detallado de actividades no contributivas



Nota. Representación gráfica de las actividades no contributivas

Se puede observar que las tareas que más generan gasto de tiempo son, los desplazamientos, descansos intermitentes y reprocesos, los desplazamientos y reprocesos se pueden corregir con una mejor planeación para ejecutar la actividad, pero los descansos intermitentes se debe revisar los motivos de cada parada, para esto se habla directamente con los supervisores y encargados de la actividad y con los trabajadores, en donde se realiza una encuesta para profundizar el tema y se presenta la Figura 11.

Figura 11.

Resumen de causas de descanso intermitente

Causas del descanso intermitente	Porcentaje %
Cansancio	40%
Problemas personales	12%
Conflictos laborales	5%
Remuneración salarial	25%
Problemas con supervisor de obra	4%
Ninguna	14%

En la figura se puede observar como el cansancio de los trabajadores es el porcentaje más alto, esto debido a que el contratista debe ingresar más personal a obra para que ellos no tengan que hacer tantas horas extras por cumplir con las metas de obra.

Para corregir las actividades no contributivas se desarrollan las siguientes propuestas:

1. **Pausas Activas:** Organizar el horario para realizar las pausas activas, esto con el fin de que todos los trabajadores la realicen al mismo tiempo y no se genere pérdidas de tiempo entre ellos.
2. **Descansos intermitentes de personal:** Revisar con el contratista el manejo del personal respecto a la jornada laboral, de modo que no tengan carga laboral y que su trabajo sea pagado completamente para que se sientan renumerados.
3. **Esperas por diferentes razones:** Planear junto con el supervisor la meta diaria a cumplir y solicitar con tiempo el material, mejorar la comunicación con los encargados de instalar la ductería para que dejen 1 trabajador que apoye esa actividad.
4. **Reprocesos:** Los ingenieros deben aclarar las especificaciones de los muros en cada apartamento y los encargados revisar constantemente los avances de sus trabajadores para evitar reprocesos.
5. **Desplazamiento al sitio de trabajo:** Planificar mejor las actividades diarias para tener en el sitio la cantidad de material suficiente y no estar perdiendo tiempo en los desplazamientos al almacén de obra.

8. Conclusiones

Al realizar el análisis de la información recolectada en campo se identificaron las tareas que hacen parte de la ejecución de la mampostería y clasifican en trabajo productivo, contributivo y no contributivo, de las cuales se revisa el trabajo no contributivo y se logra detectar las que tenían un porcentaje alto como son los desplazamientos al sitio de trabajo, descansos intermitentes y reprocesos.

Para los descansos intermitentes se revisa con los trabajadores la causa y se identifica que el cansancio y la remuneración salarial afectan el ánimo de ellos, a lo cual se puede ver que las jornadas laborales son extensas y que el contratista debe ingresar más personal para apoyo de la actividad y que debe mejorar el pago de ellos para que se sientan mejor remunerados y así seguir cumpliendo con las metas diarias establecidas por la constructora.

A nivel general se muestra la falta de planeación y organización para evitar el tiempo gastado en desplazamientos al sitio de trabajo, reprocesos y esperas por diferentes causas, sugiriendo mejorar la comunicación entre los supervisores, encargados de la actividad de mampostería y trabajadores que instalan la ductería.

9. Bibliografía

22R-01, A. I. (April 26,2004). Direct Labor Productivity Measurement-As Applied in Construction and Major Maintenance Projects. TCM Framework:9.2-Progress and Performance Measurment.

Bocanegra, A. G. (Vol. 12 no.1, Enero-Junio 2016). Analysis of Productivity in Housing Construction Based on Labor Performance. INGE CUC, pp 21-31.

Takeuchi Tam. (2013). Diseño de vigas y muros en mampostería reforzada.

Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Trujillo Cebrián. (2018). Ejecución de muros de mampostería. EOCB0108 (2a. ed.).

IC Editorial.

Apéndices

Apéndice 1. Practica recomendada ACCE 22R-01 MEDICION DIRECTA DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL-SEGÚN SE APLICA EN LA CONSTRUCCION Y LOS PRINCIPALES PROYECTOS DE MANTENIMIENTO (traducida al español)

Introducción

Esta práctica recomendada de AACE Internacional describe un método directo para medir, monitorear y optimizar la productividad laboral de proyectos de construcción y mantenimiento. El método descrito es el muestreo estadístico del proceso de trabajo o muestreo del trabajo. El proceso de trabajo se compone de pasos y actividades que requieren recursos de entrada, agregan valor y favorecen la terminación del proyecto. Comprender la capacidad del proceso, o "sistema de gestión", para producir de manera eficiente es importante para la planificación y el control del proyecto. El muestreo de trabajo es una forma rentable de proporcionar información sobre el desempeño del proceso de trabajo, es decir, sobre "cómo" se realiza el trabajo y realizarlo mejor. Este muestreo complementa la metodología convencional de gestión de proyectos, que normalmente rastrea "qué" trabajo se realiza.

El muestreo proporciona a los gerentes de proyecto, supervisores y al equipo de trabajo una retroalimentación objetiva sobre la eficiencia del proceso (no de los trabajadores individuales, que es parte de las funciones del maestro de obra) y la capacidad de responder rápidamente para adaptarse. Además, proporciona una medida de la capacidad de la administración para planificar, coordinar y controlar la ejecución del proyecto de manera efectiva. El análisis de los datos de muestreo permite eliminar o reducir rápidamente los obstáculos, optimizando el proceso de trabajo de construcción mediante el rediseño y la innovación. La racionalización del proceso de trabajo asegura que realizar un trabajo productivo sea más conveniente para la fuerza

laboral, asegurando que, en todo momento, la mano de obra, los técnicos tengan todas las herramientas, materiales, piezas, suministros, información, apoyo de supervisión y requerimientos necesarios disponibles. El muestreo del trabajo, aplicado correctamente, reconoce que la productividad es el resultado de un proceso de trabajo óptimo, es decir, de "administrar de manera más inteligente", no de personas que trabajan más duro.

La productividad de la mano de obra en la construcción es una medida de la eficiencia del proceso de trabajo. Puede definirse como la relación entre el valor que produce el trabajo y el valor invertido en trabajo. La productividad aumenta a medida que se minimizan los recursos laborales necesarios y se eliminan los esfuerzos desperdiciados del proceso de trabajo. Esta definición y la práctica aquí cubierta trata la productividad como una medida directa y absoluta que debe optimizarse.

Finalidad de la Medición Directa

El propósito del muestreo del trabajo en proyectos de construcción y mantenimiento es medir y evaluar el proceso de trabajo y proporcionar información útil (casi) en tiempo real sobre el proceso. Es una herramienta para permitir una finalización más eficiente y segura del alcance del trabajo, de modo que se gasten menos horas de trabajo de lo habitual. La observación estadística y sistemática de la actividad de la actividad laboral general en el sitio del proyecto es útil para:

1. Determinar la proporción de horas de trabajo directo que se desperdician en actividad no productiva y retrasos, y actividad laboral productiva;
2. Analizar los factores que provocan la actividad no productiva y los retrasos; y
3. Identificar oportunidades para reducir la actividad no productiva y los retrasos.

Como parte de su disciplina, el muestreo de trabajo permite que la administración de costos afecte la mejora de la productividad en proyectos de construcción y mantenimiento que

requieren mucha mano de obra. El muestreo de trabajo en un proyecto ayuda a monitorear la actividad laboral para obtener una imagen general de la utilización de la fuerza laboral. Con muestras estadísticamente sólidas, las inferencias se pueden realizar con respecto a las limitaciones al flujo de trabajo y las ineficiencias resultantes en el proceso. La aplicación constante del muestreo durante un período de tiempo proporciona a los gerentes de proyecto información continua sobre la efectividad de las acciones tomadas para mejorar continuamente el proceso de trabajo.

El análisis de los datos (independientes de la estimación) cuantifica la actividad no productiva e identifica posibles factores causales, lo que sugiere una acción correctiva. El muestreo de trabajo proporciona a los gerentes y a la supervisión una retroalimentación rápida y procesable sobre el desempeño del proceso de trabajo, información que no se puede obtener con las métricas convencionales de control de proyectos. Las medidas de productividad convencionales indican cuándo ocurren los problemas de productividad, pero el muestreo del trabajo también indica por qué: los métodos se complementan entre sí.

Los datos cuantitativos reales y específicos del proyecto obtenidos mediante el muestreo del trabajo garantizan una evaluación objetiva del proceso de trabajo. Como tal, los datos respaldan la evaluación comparativa y la mejora continua de la eficiencia y la productividad. Si se aplica correctamente, es eficaz para realizar más trabajos de construcción o mantenimiento con menos horas de trabajo y con una mayor seguridad y satisfacción del trabajador.

Antecedentes de Productividad, Eficiencia y Muestreo del Trabajo

El desempeño de los proyectos de construcción y mantenimiento es una preocupación importante para los propietarios de proyectos, los constructores y los profesionales de administración de costos. El costo del proyecto y el rendimiento del cronograma dependen en gran medida de la calidad de la planificación del proyecto, la preparación del área de trabajo y

la productividad resultante del proceso de trabajo que se hace posible en la ejecución del proyecto. La productividad de la mano de obra es a menudo el mayor factor de riesgo, la mayor fuente de costos y la mayor incertidumbre del cronograma tanto para los propietarios como para los contratistas.

Los principales proyectos de construcción y de mantenimiento se gestionan y controlan habitualmente mediante supervisión y coordinación. A intervalos, se realiza un seguimiento del progreso con respecto a los programas y presupuestos acordados, que se estiman, en gran parte, en base a datos históricos de desempeño. Este método puede ser efectivo para resaltar cuando el desempeño no está al día con los planes. Pero no muestra por qué la productividad está rezagada o fuera de control, ni apoya decisiones sobre acciones correctivas y mejora del proceso de trabajo. Como tal, las medidas tradicionales de control de proyectos no abordan completamente el objetivo de mejorar el costo y el desempeño del cronograma. Para una optimización significativa del costo y el cronograma, se debe utilizar la medición directa de la productividad para complementar las medidas de control indirectas y relativas que comparan el desempeño con la estimación.

Las importantes lecciones aprendidas por la industria manufacturera estadounidense en la década de 1980 mostraron que los gerentes deben asumir la responsabilidad de la mayoría de los problemas de desempeño del proceso de trabajo ("sistema"). El trabajo de la gerencia es planificar, desarrollar y asegurar continuamente un proceso de trabajo eficiente: la fuerza laboral trabaja dentro de los límites del proceso.

Estas lecciones también se aplican a la industria de la construcción: aumentar el uso productivo de las horas de mano de obra mediante la aplicación de la medición, el análisis y la mejora de los procesos dan como resultado una mejor productividad, eficiencia y rentabilidad. Utilizando técnicas estadísticas, como el control estadístico de procesos (SPC) y Six Sigma

(enfoque en la variación del proceso), muchas empresas pudieron aumentar radicalmente la eficiencia y la calidad productiva, la de ellos y la de sus proveedores.

El muestreo del trabajo es una técnica estadística que se puede utilizar eficazmente para analizar el proceso de trabajo de construcción y mantenimiento. Se miden las proporciones de tiempo que dedican la mano de obra y técnicos a la variedad de actividades laborales y la variabilidad del proceso de trabajo. La aplicación ha demostrado ser efectiva en cientos de proyectos de construcción y mantenimiento, logrando ahorros en costos laborales del 20 al 30 por ciento y más.

El muestreo de trabajo se ha utilizado ampliamente para realizar estudios periódicos de operaciones industriales. Originalmente utilizado en la industria textil en el Reino Unido, se introdujo en los EE. UU. durante el esfuerzo de la Segunda Guerra Mundial para obtener información sobre hombres o máquinas. Una herramienta de búsqueda de hechos, se llamó método de "lectura instantánea", refiriéndose al registro instantáneo de la observación de las actividades que se están estudiando. El método proporciona información sobre el proceso de forma rápida y a menor costo que otros medios. La técnica ha sido utilizada de una forma u otra por diferentes grupos por diferentes razones, aunque a veces desafortunadamente se ha utilizado incorrectamente, por ejemplo, como una forma de "culpar" a la fuerza laboral por la baja productividad.

Las observaciones deben ser aleatorias y libres de sesgos o errores de observación sistemáticos que tienden a correr en la misma dirección. Si se lleva a cabo de manera coherente de acuerdo con las definiciones y los procedimientos, los resultados del muestreo diferirán de las condiciones reales solo de manera aleatoria y no serán sesgados. Cuanto mayor sea el número de observaciones, más resultados del muestreo se aproximarán con precisión a las condiciones reales.

Las ventajas del método de muestreo del trabajo son:

1. Se hacen observaciones aleatorias de la actividad laboral general del proyecto de grupos de trabajadores, observados colectivamente en áreas y momentos seleccionados al azar, no de trabajadores individuales específicos.
2. El muestreo causa menos ansiedad y tensión entre los trabajadores que la observación continua (como con un cronómetro).
3. No hay, o es mínima, la interferencia con las actividades normales del trabajador.
4. Los observadores con una formación mínima especializada pueden realizar muestreos de trabajo aleatorios.
5. El número de observaciones se puede ajustar para alcanzar los niveles de precisión deseados.
6. El muestreo del trabajo es un medio eficaz de recopilar datos útiles durante la ejecución del proyecto que normalmente no se recopilan con otros métodos.
7. El muestreo del trabajo es menos costoso que las técnicas de observación continua.

Teoría del Muestreo de Trabajo

El muestreo de trabajo se basa en la teoría de la probabilidad. Esto significa que las muestras de actividad observadas al azar de un gran grupo de actividades de la mano de obra en un proyecto tienden a tener el mismo patrón de distribución que el del grupo grande. La relación entre el número de observaciones (muestras) de una actividad determinada y el número total de observaciones de todas las actividades se aproxima al porcentaje de tiempo que el proceso de trabajo dedica a esa actividad. Si el número de observaciones es lo suficientemente grande, el porcentaje de tiempo encontrado por el muestreo de trabajo dedicado a una actividad diferirá

poco del tiempo real dedicado a esa actividad en el proceso de trabajo desarrollado en el sitio del proyecto.

Se debe realizar un número suficiente de observaciones para garantizar la precisión. Aunque el procedimiento es fácil de aprender, es importante que los recorridos de muestreo se realicen al azar, sin sesgos. Cada trabajador en cada asignación durante cada período de trabajo debe tener la misma oportunidad de ser observado en cada recorrido de muestreo de trabajo.

Un principio fundamental del muestreo del trabajo es que el número de observaciones es proporcional al porcentaje de tiempo que la fuerza laboral se dedica a una actividad como, por ejemplo, "trabajar". Una muestra de tamaño N se toma para estimar la proporción P . De acuerdo con la teoría de muestreo elemental, no podemos esperar la proporción basada en una muestra (p) ser el verdadero valor de P . Pero podemos esperar el valor de p estar dentro del rango de $P \pm 2\sigma$ ('sigma' es el símbolo de la desviación estándar) aproximadamente el 95 por ciento del tiempo con un nivel de confianza (seleccionada) del 95 por ciento. Con P como el porcentaje real por determinar, el p de cualquier muestra se puede esperar que 19 de cada 20 caiga dentro de los límites de $P \pm 2\sigma$ solo por casualidad.

Como el número de observaciones N aumenta, el error de muestreo disminuye, es decir, el valor p se acerca al verdadero valor de P . La precisión absoluta es la diferencia entre el porcentaje observado p y el verdadero valor P (la precisión relativa es esta diferencia expresada como un porcentaje del porcentaje observado). Exactitud absoluta de los datos resultantes se pueden calcular con esta fórmula:

$$A = Z\sqrt{p(1-p)/N}$$

Dónde:

A = precisión absoluta

Z = número de desviaciones estándar σ (para el nivel de confianza del 95 por ciento, el valor de $Z = 2$)

p = el porcentaje observado, obtenido por muestreo de trabajo

N = el número total de observaciones de muestreo de trabajo realizadas.

Metodología de Recopilación y Tratamiento de Datos

El muestreo del trabajo requiere la recopilación de datos de rutina por parte de analistas capacitados de construcción o mantenimiento que observen a toda la fuerza laboral en el lugar (con algunas excepciones que se comentan más adelante). Los recorridos de observación aleatorios deben realizarse en momentos seleccionados al azar durante todos los períodos de trabajo, excluyendo los momentos en los que no se realiza ningún trabajo, como períodos de limpieza al final del turno, o períodos de descanso (si todos los grupos descansan en tiempos programados específicamente), y los puntos de inicio del recorrido deben variarse en la medida de lo posible.

Las actividades artesanales se registran manualmente de acuerdo con clasificaciones de categorías de actividades específicas, que están predefinidas y pueden personalizarse para el proyecto específico de construcción o mantenimiento. Al cubrir toda la fuerza laboral en el lugar, cada trabajador se cuenta como una observación de muestreo. Una observación de muestreo es una observación de la actividad laboral en el mismo instante en que el analista observa la actividad en un recorrido de observación de muestreo del trabajo.

Antes del comienzo de cada recorrido de observación, el analista determina y documenta el tamaño de la cuadrilla, su jefe y su área de trabajo para garantizar que se observe a toda la fuerza laboral. Un analista imparcial observa y registra toda la obra y la actividad del jefe colocando marcas de verificación en un formulario de recopilación de datos (como el

"Formulario de recopilación de datos" en el Apéndice B), y también registra el número de obreros no observados en el espacio ('no contabilizados').

Utilizando software estadístico, se calcula el porcentaje de observaciones de cada categoría de actividad. Los datos resultantes muestran la utilización general de la tripulación para el trabajo del período del objeto de muestreo y pueden imprimirse gráficamente, por ejemplo, en formato de gráfico circular. Aplicando las proporciones de la actividad con y sin valor agregado al total de horas de trabajo disponibles, se puede determinar el tiempo invertido en cada categoría. Una impresión de un diagrama de dispersión, por ejemplo, el porcentaje de utilización productiva ("trabajo directo") frente a los tiempos de inicio del recorrido, es una manera práctica de verificar gráficamente la aleatoriedad y determinar la variación del proceso de trabajo. El software calculará el nivel medio (medio) de actividad productiva y la desviación estándar para el proceso general.

La mejora constituye elevar el nivel de eficiencia del proceso de trabajo y reducir su variabilidad. El análisis de los datos de medición del proceso de trabajo permite a los responsables de la toma de decisiones tomar rápidamente las medidas adecuadas y eliminar las limitaciones sistémicas y los obstáculos que interfieren con la mejor utilización productiva posible de los recursos de mano de obra artesanal.

Al trabajar en apoyo de la gestión de proyectos por los propietarios y/o contratistas, la gestión de costos ayuda a identificar oportunidades para mejorar y recomendar la racionalización y/o el rediseño del proceso de trabajo, y a establecer directrices para las mejores prácticas específicas de cada proyecto, entre las que se incluyen:

1. Medición, análisis y optimización en curso de la utilización de la mano de obra productiva
2. Rápida retroalimentación (por ejemplo, no más tarde del final del turno) sobre la eficiencia del proceso de trabajo

3. Análisis de la tendencia del proceso y datos de variabilidad tomados en el tiempo
4. Evaluación del rendimiento de los procesos de trabajo vs. bases de referencia y puntos de referencia de la industria
5. Planificación y preparación iniciales con el objetivo de un flujo de trabajo más eficiente
6. Actualización de bases de datos de estimaciones históricas para estimaciones futuras
7. Examen y auditoría periódicos de la buena aplicación de esta práctica.

Adquisición de Muestras de Trabajo

Antes de comenzar el muestreo de trabajo, el uso del método debe ser "vendido" a todo el personal en todos los niveles de las organizaciones afectadas, incluyendo la alta dirección, supervisión y, si está presente, representantes sindicales. El muestreo de trabajo es la herramienta más conveniente para que el equipo de trabajo lleve a cabo las tareas asignadas mediante la racionalización de los procedimientos y la eliminación de obstáculos. Es responsabilidad de la gerencia eliminar o minimizar los factores que limitan la productividad en el proyecto.

Por lo general, las reuniones informativas de 15 minutos sobre la supervisión sobre el terreno y los representantes sindicales son eficaces. Se puede informar a los artesanos sobre el procedimiento básico de muestreo del trabajo durante el procedimiento de contratación, p. ej., mediante un breve vídeo preparado a medida que garantice la coherencia de la presentación. Es importante explicar el procedimiento impersonal de recolección de datos, las definiciones de actividad y cómo se utilizan los resultados de muestreo para mostrar la eficiencia del proceso de trabajo.

Centrarse en la eficiencia del proceso de construcción introduce una forma nueva y eficaz de gestionar los proyectos de construcción con una mayor eficacia en función de los costos.

Implementación de la Planificación para la Ejecución de Trabajos

Después de sesiones informativas para explicar los procedimientos de muestreo del trabajo y las definiciones de actividad, y obtener la aceptación de la dirección, la supervisión y la fuerza de trabajo, se necesita un plan detallado antes de realizar visitas de muestreo del trabajo del sitio.

1. Determinar la precisión deseada de los resultados y especificar el nivel de confianza, p. ej., una exactitud relativa de $\pm 5\%$ a un nivel de confianza del 95 % es práctica y generalmente adecuada.

2. A continuación, determinar el número necesario de observaciones para lograr la exactitud deseada, por ejemplo, utilizando una tabla de consulta de la exactitud estadística, cuyo ejemplo se incluye en el apéndice H.

3. Con base en el tiempo de recorrido de observación anticipado para cubrir la fuerza laboral en el sitio, determine el número diario de recorridos de muestreo de trabajo necesarios para lograr el número requerido de observaciones

4. Posteriormente, diseñe el formulario de muestreo del trabajo para registrar las observaciones. Se incluye un ejemplo en el apéndice B.

Implementación Muestreo de Trabajo Aleatorio

La implementación en los sitios de proyectos de construcción o mantenimiento incluye las siguientes actividades y entregables:

1. Realizar sesiones informativas anticipadas para asegurar la administración, supervisión y aceptación de la fuerza laboral antes de comenzar la medición de la actividad de trabajo.

2. Determinar qué puestos de trabajo del lugar deben excluirse del muestreo del trabajo. Puede que no sea rentable observar a una pequeña cuadrilla trabajando en una zona remota, lo que requiere mucho tiempo de viaje para observar. En tal caso, puede ser más práctico mantener

este pequeño número de trabajadores fuera del muestreo. (Tenga en cuenta que los datos resultantes sólo reflejan las observaciones reales realizadas en las esferas de trabajo incluidas en el muestreo).

3. Medir la utilización de la mano de obra mediante la observación de toda la mano de obra in situ (excepto los puestos de trabajo excluidos debido a la distancia con respecto a la zona de trabajo principal)

4. Al realizar visitas de observación de muestras de trabajo, es útil hacer la pregunta: "¿Qué se puede hacer para mejorar la utilización productiva, reducir el tiempo perdido, minimizar los viajes y racionalizar el flujo de trabajo?"

5. Comunicarse regularmente con la supervisión de campo, preguntando sobre la ubicación de los puestos de trabajo, la dotación de personal, los procedimientos existentes, como las pausas, el control de herramientas, las reuniones de seguridad y cualquier limitación o interferencia.

6. Producir regularmente informes gráficos de utilización de mano de obra fáciles de leer, p.ej. gráficos circulares, gráficos de tendencias, diagramas de dispersión.

7. Preparar recomendaciones de acción (p. ej., una "lista de elementos de acción") para reducir las actividades no añadidas (evitando "señalar con el dedo" o "culpar") para su presentación a la gestión de proyectos del sitio.

8. Ofrecer y estar preparados para facilitar la resolución de problemas en equipo con la participación de la mano de obra operativa y supervisores, elaborando recomendaciones a la dirección para mejorar el proceso de trabajo. Incluir una determinación de la relación costo-beneficio de las oportunidades recomendadas para mejorar los procesos de trabajo.

9. Revisar y actualizar la base de datos de estimaciones históricas con los datos más recientes.

10. Previa solicitud, realizar talleres de capacitación para la mejora continua.

Con el apoyo de la alta dirección, la mejora del proceso de trabajo puede causar un importante ahorro de tiempo y costos laborales. Y, a través de la comunicación y el énfasis en "trabajar más inteligente", los representantes laborales suelen responder bien al enfoque de mejora del proceso de trabajo continuo que hace que trabajar sea más conveniente para el trabajador.

Términos y Definiciones Clave

- 1) Nivel de confianza. La probabilidad de que el valor verdadero que está siendo estimado por la muestra esté incluido en un rango especificado. El analista especifica el nivel de confianza deseado y la precisión o el rango de exactitud se calcula o se busca en una tabla. Por ejemplo, si el nivel de confianza deseado es del 95 por ciento y la 'utilización productiva' (o 'trabajo directo') es del $56 \pm 2,5$ por ciento, entonces hay una probabilidad del 95 por ciento de que la verdadera 'utilización productiva' esté entre el 53,5 y el 58,5 por ciento.
- 2) Precisión. Un rango de valores posibles determinados según el nivel de confianza. Cuando se calcula a partir de los resultados de la muestra, el rango de precisión tiene un límite superior e inferior dentro del cual la estimación de la muestra puede diferir del valor real. En el muestreo de trabajo, un rango de precisión recomendado es típicamente de al menos ± 5 por ciento ('precisión relativa') con un nivel de confianza del 95 por ciento. La precisión de la medición de muestreo que se logra depende del tamaño de la muestra N y el porcentaje de observaciones de una actividad P .

- 3) Desviación estándar (sigma, σ). Una medida de variabilidad, es decir, de la desviación de un porcentaje de actividad. promedio, según la fórmula:

$$O = \sqrt{p(1 - p/N)}$$

Donde:

σ = desviación estándar

p = porcentaje de incidencia de la actividad observada (por ejemplo, "utilización productiva")

N = número total de observaciones obtenidas en los recorridos de muestreo de trabajo.

- 4-) Aleatoriedad de los recorridos de observación, tanto de la hora de inicio como del recorrido de observación del analista ('tiempo / recorrido aleatorio'). Con un generador de tiempos aleatorios basado en computadora o una tabla de tiempos aleatorios (ver Apéndice G), el analista selecciona aleatoriamente la hora de inicio de un recorrido de observación. Los puntos de inicio del recorrido se asignan al azar mediante la selección de diferentes ubicaciones de inicio y rutas tomadas en el sitio del proyecto. Los recorridos de muestreo deben realizarse de forma aleatoria y sin sesgos en el transcurso de todos los períodos de trabajo. Cada uno de los trabajadores en su asignación y período de trabajo debe tener la misma oportunidad de ser observado en cada recorrido de muestreo de trabajo.

El diagrama de dispersión de las horas de inicio de los recorridos durante los períodos de trabajo (diagrama de muestra incluido en el Apéndice F, que muestra los porcentajes de trabajo productivo directo promedio y las horas de inicio de los recorridos de observación, trazados para un turno específico durante el curso de un proyecto de construcción) se puede utilizar para verificar la aleatoriedad de la observación, así como analizar la variabilidad del proceso de trabajo.

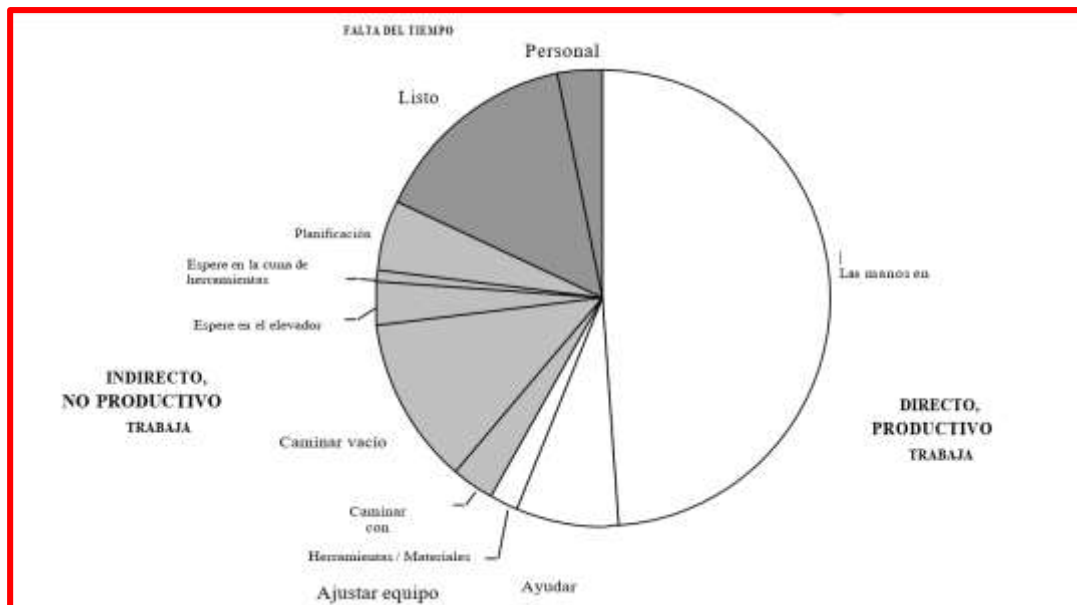
5-) Formulario de recogida de datos y hoja de supervisores. Las muestras son observaciones obtenidas al observar las actividades de la fuerza laboral, ya sea como grupos de trabajadores simultáneamente o como individuos que trabajan por separado en el proyecto durante la observación y clasificando las actividades observadas, de manera impersonal, en categorías de actividad predefinidas. El formulario de recopilación de datos incluido en el Apéndice B es un ejemplo de un formulario que utiliza el analista para registrar observaciones. La Hoja de supervisor en el Apéndice C se usa para registrar la ubicación del área de trabajo de los supervisores y la información del tamaño de la cuadrilla, y el analista la usa para asegurarse de cubrir todas las áreas de trabajo, los supervisores y toda la fuerza laboral.

6-) Definiciones de categorías de actividades de muestreo de trabajo. Las actividades de la fuerza laboral se distinguen, esencialmente, en tres categorías principales: "Trabajo productivo (utilización)", "Trabajo no productivo" y "Tiempo de inactividad". Cada una de ellas tiene sus subcategorías, como se muestra en el gráfico circular de la Figura 1. Las definiciones de muestreo de trabajo a menudo se personalizan para proporcionar información procesable específica para un proyecto o instalación. En el Apéndice A se presenta un ejemplo de definiciones de actividades de trabajo de construcción. Una impresión diaria de la utilización de horas de trabajo operativo para un turno mostraría los porcentajes medidos reales en un formato de gráfico circular, como se muestra en el Apéndice D.

Además, el porcentaje de trabajadores no observados ('No contabilizados'), así como el número total de observaciones (N) se pueden mostrar en el informe diario.

Figura 12.

Trabajo productivo y no productivo en diagrama de torta



7-) Informes. Para que sean útiles y efectivos, los datos de medición del proceso de trabajo deben informarse de manera oportuna. Por ejemplo, al final de cada turno, se puede preparar un gráfico circular que muestre la utilización de la mano de obra para ese turno y presentarlo a la dirección y supervisión del proyecto, e incluir la publicación en las áreas operativas. El gráfico circular del Apéndice D muestra algunos de los posibles factores causales que afectan las categorías de actividad. Se puede incluir una lista de elementos de acción, es decir, notas breves sobre la causa y el efecto percibidos de la interacción de las actividades laborales en el sistema y las interferencias en el flujo de trabajo. La lista se actualiza periódicamente con obstáculos o restricciones para un flujo de trabajo eficiente, observada por el analista en recorridos de muestreo de trabajo o en recorridos realizados con el propósito específico de identificar problemas de flujo de trabajo (cuando el tiempo lo permite, entre recorridos de muestreo de trabajo).

8-) La lista de elementos de acción. También puede describir una actividad laboral "indeseable", es decir, una actividad que se clasifica como de trabajo pero que

posiblemente se puede eliminar o reducir mediante un proceso mejorado. Los ejemplos incluyen ciertos tipos de caminar, esperar, limpiar, etc.

En el Apéndice I se incluye un ejemplo de formato de Lista de elementos de acción.

Nota:

1. La definición de productividad en la Práctica recomendada internacional No. 10S-90 de la AACE "Terminología de ingeniería de costos" es una "medida relativa de la eficiencia laboral, ya sea buena o mala, en comparación con una base o norma establecida ...". Esa definición se aplica a los índices de productividad, como los que se utilizan en las prácticas de control de proyectos de valor ganado en lugar de en la medición directa de la utilización de la fuerza de trabajo productiva con fines de mejora del proceso de trabajo.

Referencias

1. Failing, Robert G, L. Jantzen and Larry D. Blevins, 1988, "Improving Productivity Through Work Measurement: A Cooperative Approach," American Institute of Certified Public Accountants, New York.
2. Harley R. Macklin and Hans E. Picard, "Continuous Improvement of Productivity – How an electric utility uses work measurement to innovatively manage contractor labor requirements on maintenance outages," *cost Engineering*, Vol 34, No 10, Oct. 1992
3. Harrington, H James, 1991, *Business Process Improvement*, McGraw-Hill.
4. Niebel, Benjamin W., 1993, *Motion and Time Study*, Erwin
5. Picard, Hans E., "*Productivity and Value Management on Utility Construction and Maintenance Projects*", Proceedings, Project Management Institute Seminar Symposium, sep. 1991, Dallas, Texas.

6. Picard, Hans E. and C. Robert Seay, Jr., “*Competitive Advantage through Continuous Outage Improvement*,” EPRI Fossil Plant Maintenance Conference, Baltimore, Maryland, July 1996.
7. Picard, Hans E., Sc.D., “*Industrial Construction Efficiency and Productivity*”, Transactions, 44th Annual Meeting of AACE International, June 2000, Calgary, AB, Canada.
8. Pitt, H7, 1994, **SPC for the Rest of Us**, Addison – Wesley.
9. Picard, Hans E., “*Construction Performance Benchmarking Measurement*”, Transactions, 46th Annual Meeting of AACE International, June 2002, Portland, OR.
10. Picard, Hans E., “*Construction Process Measurement and Improvement*”, Proceedings, 10th Annual Conference on Lean Construction, Aug. 2002, Gramado, Brazil.
11. DCAA (2002). Defense Contract Audit Agency (DCAA) Document Title: *DCAAM 7640.1; DCAA Contract Audit Manual, Vol. 2; Jan. 2002 Appendix 1.*

Colaboradores

Descargo de responsabilidad: el contenido proporcionado por los colaboradores de esta práctica recomendada es suyo y no refleja necesariamente el de sus empleadores, a menos que se indique lo contrario.

Hans E. Picard (Colaborador principal)

Charles E. Bolyard, Jr.

Robert C. Creese, PE CCE

Earl T. Glenwright, Jr.

Stephen M. Jacobson, CCC

Richard A. Selg, CCE

Ronald M. Winter

James G. Zack, Jr.

Apéndice A. Definiciones de Muestreo de Trabajo Aplicables a Proyectos de Construcción

Actividad laboral directa y productiva: usar herramientas o esfuerzo en un lugar de trabajo designado para realizar una tarea asignada que hace una contribución directa y productiva para completar el alcance del trabajo. Hay tres subcategorías dentro de la actividad laboral productiva directa:

1. Manos a la obra

a. Usar herramientas o equipo

- Manejo de herramientas eléctricas o neumáticas
- Soldadura, corte, soldadura fuerte o calentamiento (arco o soplete)
- Girar / tirar de una llave, destornillador u otra herramienta manual
- Martillar, limar, aserrar, lijar o pulir
- Barrer, limpiar, pulir, cepillar o aplicar pintura / revestimiento
- Colocar caídas de cadena / eslingas o andamios
- Alinear o colocar piezas o materiales sobre equipos, soportes, etc.
- Obtener o dejar a un lado herramientas o piezas en el lugar de trabajo
- Alimentación de alambre, cable, línea, etc.

B. Inspeccionando

- Observar el funcionamiento o el estado del equipo para garantizar su correcto funcionamiento.
- Usar calibradores, medidores u otros instrumentos para medir o probar la condición u operación del equipo, la instalación o los circuitos.
- Usar diagramas o esquemas con fines educativos en el área de trabajo.

- Inspección de la calidad del trabajo terminado, por ejemplo, verificación de soldaduras, roscas, alineaciones, etc.

C. Usar equipo o vehículo (por ejemplo, remolcador, grúa, montacargas)

- Levantar, bajar o posicionar la carga
- Conducir / operar equipo rodante (tarea asignada)

D. Actividades de apoyo

- Asistente de cuna de herramientas o corredor de herramientas al llevar o entregar una herramienta a otro
- Asistente de cuna de herramientas o corredor de herramientas cuando se trabaja, ajusta o repara equipo
- Esperando activamente que se pase un cordón de soldadura cuando se suelda en tándem

2. Asistir

- Pasar herramientas o materiales
- Colocar materiales, piezas o equipos para otro
- Hombre de señales
- Actividades relacionadas con la seguridad, como sostener una escalera para otra persona, vigilar un incendio o un pozo, un asistente de línea de etiqueta, etc.
- Sostener, apoyar o tirar de la tubería, parte o pieza estructural para que otro realice una tarea.
- Actividad de asistente de cuna de herramientas o corredor de herramientas cuando no está trabajando directamente en herramientas o ayudando a otro

3. Equipo de ajuste

- Reemplazo de un disco de corte o muela en una amoladora manual
- Ajustar un soldador de tipo soplete o de arco antes de hacer un corte o soldar

- Ajustar una antorcha o un soldador de arco para otra
- Prepararse para solucionar problemas durante la puesta en marcha o dificultades.
- Reparación o modificación de herramientas o equipos

Actividad laboral indirecta, no productiva: actividades de apoyo que no contribuyen directamente a completar un trabajo o proyecto. Estas actividades incluyen:

1. Caminar con herramientas o materiales: transportar (también: caminar o viajar en vehículo) piezas, herramientas, materiales o equipos, dentro o fuera de la planta o proyecto.
2. Caminar vacío: caminar o viajar (como pasajero en un vehículo) con las manos vacías, dentro o fuera de la planta o proyecto.
3. Esperando el ascensor
4. Esperar en la cuna de herramientas o en las tiendas: Esperar en un almacén o sala de herramientas / cuna por piezas, materiales, herramientas o suministros.
5. Planificación / obtención de información relacionada con el trabajo
 - Estudiar dibujos, diagramas, manuales o notas para obtener información relacionada con el trabajo (fuera del área de trabajo).
 - Realización de cálculos (fuera del área de trabajo).
 - Discusión relacionada con el trabajo con el jefe / entre artesanos.
 - Realización de bocetos.
 - Uso de sistemas de localización de plantas, teléfonos de planta

Tiempo de inactividad: sin actividad, que incluye:

1. Listo: para ayudar a un compañero de trabajo en una actividad laboral o listo para trabajar pero "en espera".
2. Personal: todo el tiempo de inactividad personal o no utilización inexplicable

APENDICE C. Hoja de supervisor

Technician: _____

Partner: _____ Date: _____

Location: _____ Shift: _____

Weather Conditions

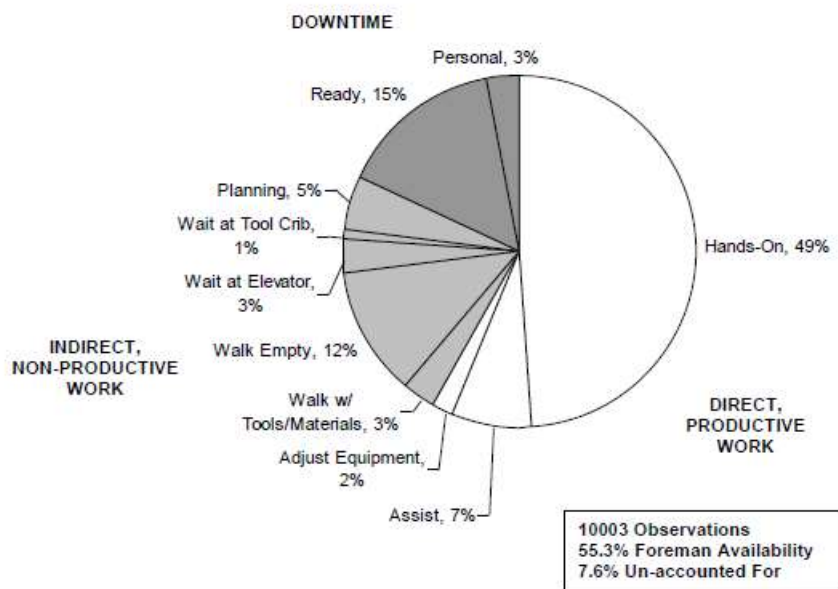
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Clear
<input type="checkbox"/> Cloudy
<input type="checkbox"/> Rain (How Long ____ hrs) | <input type="checkbox"/> Raining Ice, Sleet, Etc. (How Long ____ hrs)
<input type="checkbox"/> Snow
<input type="checkbox"/> High Winds |
|--|---|
- Temp ____ ° F
-

Foremen Information

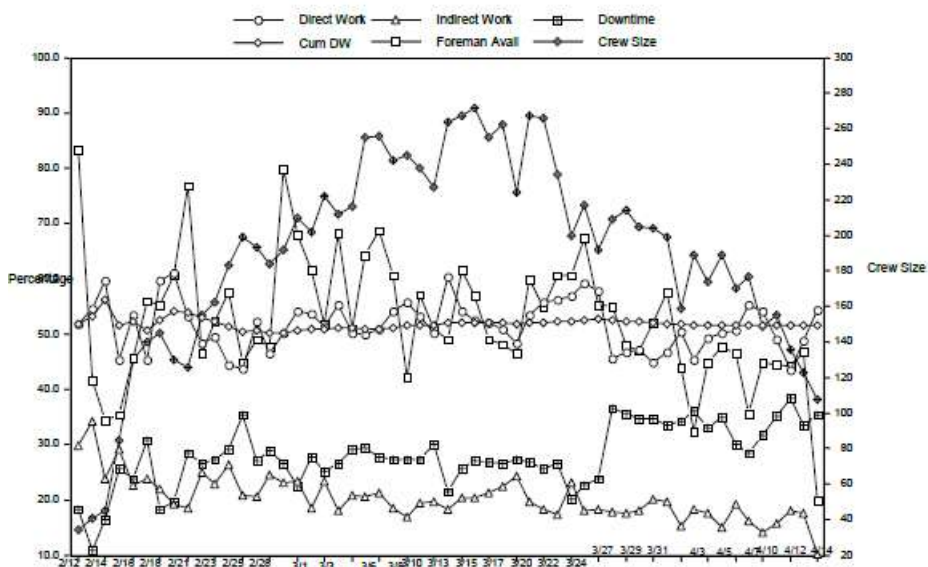
Foreman	#Men	Where	Foreman	#Men	Where

Miscellaneous Notes

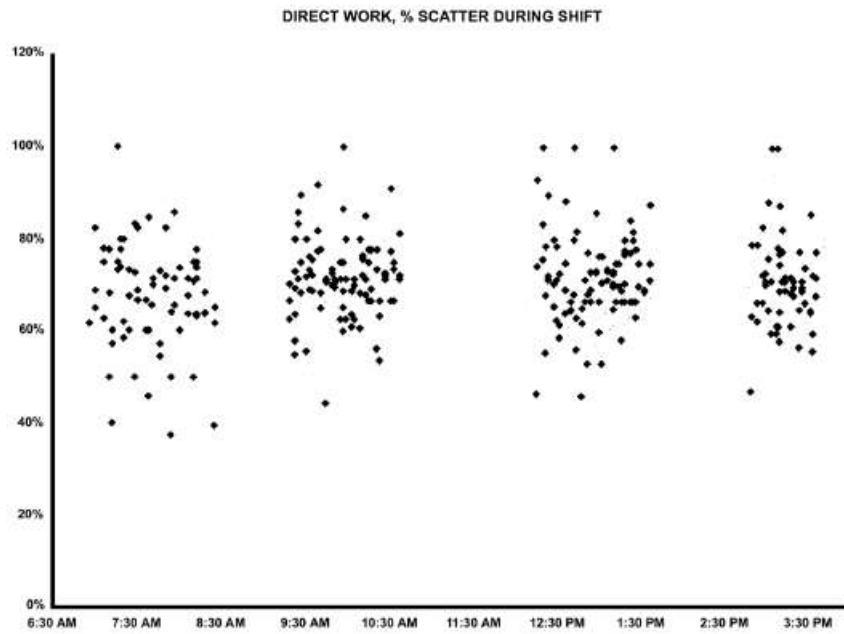
APENDICE C. Ejemplo de formato de diagrama circular para el reporte diario



APENDICE E. Ejemplo de Diagrama de tendencia



APENDICE F. Ejemplo de Diagrama de dispersión de la medición del porcentaje de trabajo productivo en turnos versus inicio de horario



APENDICE G. Ejemplo de tabla de tiempos aleatorios

RANDOM TOUR START TIMES (5 min. intervals - hours/mins. from shift start)

0:20	0:10	0:25	0:15	0:25	0:20	0:15
0:55	0:55	0:45	1:00	0:30	0:25	1:10
2:30	1:10	1:05	1:25	0:40	0:55	1:25
3:05	1:45	2:20	1:55	1:00	1:20	1:40
3:25	2:05	2:30	2:45	1:40	1:35	1:45
4:00	2:50	3:40	3:50	2:15	1:55	2:40
4:10	3:20	5:00	4:25	2:20	2:30	2:55
4:55	3:30	5:45	5:10	2:30	2:45	3:45
5:00	4:45	5:55	6:20	2:45	3:35	4:55
5:55	4:55	6:00	6:25	3:35	4:05	5:15
6:45	5:00	6:45	6:50	4:00	5:00	5:45
6:50	6:05	7:45	6:55	4:15	6:25	6:25
7:10	7:10	7:55	7:15	6:25	7:20	6:35
7:25	7:35	8:25	7:40	7:30	7:40	7:50
8:20	8:15	8:40	8:25	8:05	8:20	8:10
9:55	8:25	9:10	8:30	8:15	8:30	8:20
10:00	9:40	9:20	9:05	8:40	9:30	9:35
10:30	9:55	9:30	9:25	9:30	9:50	10:40
10:40	10:00	10:25	10:20	9:45	10:25	10:55
11:10	10:30	10:35	11:25	10:25	11:10	11:35
11:50	11:10	10:40	11:45	12:15	11:50	12:35

APENDICE H. Precisión absoluta con el 95% de confianza

p%	± 1%	± 2%	± 3%	± 4%	± 5%
1/99	396	99	44	25	16
2/98	784	196	87	49	31
3/97	1164	291	129	73	47
4/96	1536	384	171	96	61
5/95	1900	475	211	119	76
6/94	2256	564	251	141	90
7/93	2604	651	289	163	104
8/92	2944	736	327	184	118
9/91	3276	819	364	205	131
10/90	3600	900	400	225	144
11/89	3916	979	435	245	157
12/88	4224	1056	469	264	169
13/87	4524	1131	503	283	181
14/86	4816	1204	535	301	193
15/85	5100	1275	567	319	204
16/84	5376	1344	597	336	215
17/83	5644	1411	627	353	226
18/82	5904	1476	656	369	236
19/81	6156	1539	684	385	246
20/80	6400	1600	711	400	256
21/79	6636	1659	737	415	265
22/78	6864	1716	763	429	275
23/77	7084	1771	787	443	283
24/76	7296	1824	811	456	292
25/75	7500	1875	833	469	300
26/74	7696	1924	855	481	308
27/73	7884	1971	876	493	315
28/72	8064	2016	896	504	323
29/71	8236	2059	915	515	329
30/70	8400	2100	933	525	336
31/69	8556	2139	951	535	342
32/68	8704	2176	967	544	348
33/67	8844	2211	983	553	354
34/66	8976	2244	997	561	359
35/65	9100	2275	1011	569	364
36/64	9216	2304	1024	576	369
37/63	9324	2331	1036	583	373
38/62	9424	2356	1047	589	377
39/61	9516	2379	1057	595	381
40/60	9600	2400	1067	600	384
41/59	9676	2419	1075	605	387
42/58	9744	2436	1083	609	390
43/57	9804	2451	1089	613	392
44/56	9856	2464	1095	616	394
45/55	9900	2475	1100	619	396
46/54	9936	2484	1104	621	397
47/53	9964	2491	1107	623	399
48/52	9984	2496	1109	624	399
49/51	9996	2499	1111	625	400
50/50	10000	2500	1111	625	400

APENDICE I. Ejemplo de lista de ítems de acción

Item No.	Date Reported	Obstacle to Productive Worker Utilization	Action Plan	Responsible Person	Due Date	Status	Completion Date
1	01/08	Craftworkers walking w. materials; lay-down area distant(ft)	1) Assign expeditors to bring materials to crafts in work areas 2) Review workflow planning procedure	Site Superintendent	02/08	Assigned expeditors	02/08
2	03/08	Long waits at start/end shift as crew size increases	1) Open additional service window 2) Add assistants when needed 3) Review tool control policy	Site Superintendent	05/08	Done	07/08
3	04/08	Craftworkers waiting while equipment is refueled	Fuel equipment in evening for next day	Fuel Truck Operator	04/08	Being done as of today	04/08
4	04/08	Craftworkers waiting in work areas for unknown reasons	1) Review manpower scheduling procedure 2) Balance with do-able workload	Site Superintendent	05/08		
5							