



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
 PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
 REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
 Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres:.....

Código de alumno:.....Teléfono:.....

Correo electrónico:.....DNI o Extranjería:.....

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación	Trabajo académico
Trabajo de suficiencia profesional	Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller	Título	Segunda especialidad
Licenciado	Magister	Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de:.....

6. Escuela, Carrera o Programa:.....

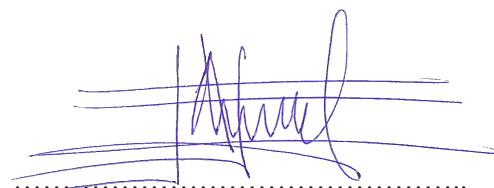
7. Asesor:

Apellidos y Nombres:.....Teléfono:.....

Correo electrónico:.....DNI o Extranjería:.....

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

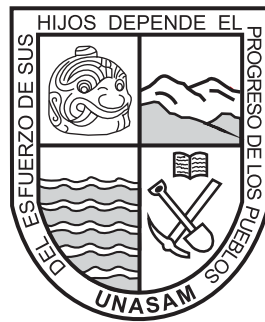
Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.:

FECHA:

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:
Bach. JHOEL ANTONIO JARA LUNA**

Asesor: M. Sc. JOAQUÍN SAMUEL TÁMARA RODRÍGUEZ

**HUARAZ – ANCASH – PERÚ
2020**

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicado a mis seres más queridos: mis padres Luz Luna y Agustín Jara personas que me formaron en un hogar lleno de afecto; a mi compañera de vida Jhoysi Pinto, mi niña Analuz que Dios puso en este mundo terrenal encargándome su cuidado y atención mientras me de vida y a mis hermanos Richard y Karen.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos académicos a mi asesor el M. Sc. Joaquín Samuel Támara Rodríguez por su asesoría en el desarrollo de la presente investigación.

También agradezco a las personas relacionadas a la empresa constructora, por haberme proporcionado información relevante y necesaria que no estaba escrita en fuentes bibliográficas consultadas, para poder realizar este trabajo de investigación a ellos mis sinceros agradecimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRAC.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Problema general:.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. CONTEXTO.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
1.6. HIPÓTESIS.....	5
1.6.1. Hipótesis General.....	5
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	5
1.7. VARIABLES.....	6
1.7.1. Variable independiente:.....	6
1.7.2. Variable dependiente:.....	6
1.7.3. Operacionalización de variables.....	6
CAPITULO II.....	7
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
2.1.1. Nivel de investigación.....	7
2.1.2. Tipo de investigación.....	7
2.2. LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2.1. Delimitación temporal.....	7
2.2.2. Delimitación espacial.....	8

2.2.3. Delimitación del alcance.	8
2.3. CONTEXTO	9
2.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA	9
2.4.1. Unidad de análisis.	9
2.4.2. Población.....	9
2.4.3. Muestra.....	9
2.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	10
2.5.1. Técnicas, instrumentos de recolección de datos.	10
CAPITULO III.....	11
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.	11
3.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.	11
3.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.	14
3.2.1. Definición del concreto.	14
3.2.2. Materiales del concreto.	15
3.2.3. Preparación del concreto.	18
3.2.4. Dosificación de la mezcla.	19
3.2.5. Herramientas, y mezcladoras.	20
3.2.6. Definición conceptual del PPC para la investigación	21
3.3. PRODUCTIVIDAD.	22
3.3.1. Definición teórica de la productividad.	22
3.3.2. Productividad, desde una concepción matemática.....	24
3.3.3. Definición conceptual de la productividad para la investigación	25
3.3.4. Impacto de la productividad en empresas de construcción:.....	27
3.3.5. Medición del trabajo o Estudio de tiempos.....	28
3.4. BASES TEÓRICAS DEL PAVIMENTOS URBANO.	35
3.4.1. Función de un pavimento	36
3.4.2. Proceso constructivo de pavimento urbano con cemento portland:.....	36
3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	40
CAPITULO IV.....	44
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA INVESTIGADA.....	44
4.1. CONTEXTO DE LA OBRA.	44
4.1.1. Presupuesto para la ejecución de la obra.....	45
4.1.2. Plazo de ejecución de obra:.....	45

4.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.	45
4.2.1. Descripción de las Etapas de producción.....	46
4.2.2. Secuencia de las etapas de producción.....	47
4.3. EQUIPOS/MAQUINARIA USADOS.....	48
4.3.1. Mezcladora trompo	48
4.3.2. Mezcladora tolva.....	49
4.3.3. Mezcladora autohormigonera.....	50
4.4. CALENDARIO DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO	50
4.5. FORMATOS DE LA INVESTIGACIÓN	51
4.5.1. Formatos F1, F3 y F5	52
4.5.2. Formatos F2, F4 y F6	56
4.6. REVISIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO.	61
4.7. REVISIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.	64
CAPITULO V	66
5. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	66
5.1. RESULTADOS DE LA MEDICIONES REALIZADAS.	67
5.1.1. Resultados de la cuadrilla mezcladora trompo.....	68
5.1.2. Resultados de la cuadrilla mezcladora tolva.	72
5.1.3. Resultados de la cuadrilla mezcladora autohormigonera.....	76
5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CUADRILLAS INVESTIGADAS.....	80
5.2.1. Prueba estadística.....	82
5.2.2. Bondad de ajuste con Shapiro-Wilks.	83
5.2.3. Contrastación de la hipótesis de la investigación.....	85
5.3. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	88
5.3.1. Cuadrilla mezcladora trompo.....	88
5.3.2. Cuadrilla la mezcladora Tolva.	93
5.3.3. Cuadrilla de la mezcladora autohormigonera	96
5.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS CUADRILLAS.	100
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
CAPITULO V	110
6. ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Proceso de Producción del Concreto.</i>	22
Figura 2.	<i>Proceso de Producción del Concreto en Obra.</i>	46
Figura 3	<i>Secuencia de las Etapas de Producción.</i>	48
Figura 4.	<i>Mezcladora de Trompo.</i>	48
Figura 5.	<i>Mezcladora de Tolva.</i>	49
Figura 6.	<i>Mezcladora autohormigonera</i>	50
Figura 7	<i>Referencia de los Formatos F1, F3 y F5.</i>	54
Figura 8	<i>Referencia de los Formatos F2, F4 y F6.</i>	57
Figura 9.	<i>Comparación de Rendimientos.</i>	64
Figura 10	<i>Costo Por Día de la Cuadrilla Mezcladora Trompo.</i>	88
Figura 11.	<i>Cronograma de Ejecución - Cuadrilla Mezcladora Trompo.</i>	89
Figura 12	<i>Comparación de Rendimientos de la Cuadrilla Trompo.</i>	91
Figura 13	<i>Costo por Día de la Cuadrilla Mezcladora Tolva.</i>	93
Figura 14.	<i>Cronograma de Ejecución - Cuadrilla Mezcladora Tolva.</i>	94
Figura 15.	<i>Comparación de Rendimientos - Cuadrilla Tolva.</i>	95
Figura 16.	<i>Costo por Día - Cuadrilla Mezcladora autohormigonera.</i>	97
Figura 17.	<i>Cronograma de Ejecución - autohormigonera.</i>	97
Figura 18	<i>Comparación de Rendimientos - Cuadrilla autohormigonera.</i>	99
Figura 19	<i>Productividad - Costos de Producción.</i>	101
Figura 20.	<i>Productividad - Tiempos De Producción.</i>	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	6
Tabla 2 Calendario de Producción.	51
Tabla 3 Códigos del TP, TC y TNC en Cada Etapa de Estudio.....	59
Tabla 4 Producción por Equipos/Maquinaria en la Obra Investigada.	67
Tabla 5 Tiempos de Producción de la Cuadrilla Mezcladora Trompo.	69
Tabla 6 Calculo del Rendimiento Real - Cuadrilla Mezcladora Trompo.	69
Tabla 7 Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas	70
Tabla 8 Horas Hombre para Producir 1m ³ de Concreto	70
Tabla 9 Productividad en Costos de Producción - Trompo.	71
Tabla 10 Tiempos de Producción y Desperdicio - Mez. Trompo.	72
Tabla 11 Tiempos de Producción de la Cuadrilla Mezcladora Tolva.	73
Tabla 12 Deducción del Rendimiento Real.....	73
Tabla 13 Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas.....	74
Tabla 14 HH Para Producir 1 m ³ de Concreto	75
Tabla 15 Productividad en Costos de Producción - Tolva.....	75
Tabla 16 Tiempos de Producción y Desperdicio - Tolva.....	76
Tabla 17 Tiempos de Producción - autohormigonera	77
Tabla 18 Rendimiento real - autohormigonera.	78
Tabla 19 Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas.	78
Tabla 20 Productividad en Costos de Producción – autohormigonera.	79
Tabla 21 Tiempos de Producción y Desperdicio - autohormigonera.....	80
Tabla 22 Productividad en Costos de Producción de las Tres Cuadrillas.....	82
Tabla 23 Procesamiento de Normalidad en el SPSS.....	84
Tabla 24 Datos Paramétricos con la Verificación en el Programa SPSS.....	85

Tabla 25 Análisis Descriptivo de la producción de concreto.....	86
Tabla 26 Contrastación de la Hipótesis General.	86
Tabla 27 Prueba Post Hoc de Turkey.....	87
Tabla 28 Comparación Final de Resultados.....	100

RESUMEN

El proceso de producción del concreto consiste en producir una mezcla homogénea y bien proporcionada, para tal propósito se emplean equipos como la mezcladora trompo, tolva o maquinarias como la autohormigonera, entre otros, sin embargo, es poco conocido la relación de la productividad entre ellos. En consecuencia, la elección del equipo o maquinaria en obra es un reto para el contratista, que solo tiene a la mano conocimientos empíricos o catálogos promocionales que muestran rendimientos no comprobados. Ante tal necesidad esta investigación contribuye en determinar las incidencias del proceso de producción de concreto en la productividad en función de costos y tiempos en una obra de pavimento urbano en la localidad de Cajay-Huari quienes emplearon cuadrillas independientes de la mezcladora trompo, tolva y autohormigonera. Se obtuvieron datos paramétricos en condiciones no alteradas que cumplían la normalidad lo cual facilito el análisis mediante la herramienta estadística ANOVA de una vía. Observamos que la productividad en función de costos, la mezcladora tolva le da una ventaja de 1.60% y la autohormigonera el 5.27% a la cuadrilla de la mezcladora trompo, como también de 3.98% entre tolva y autohormigonera distinguiendo así que no existe mucho margen en costos de producción, y referente a la productividad en tiempos de producción, observamos que la eficiencia de la mezcladora tolva le da una ventaja de 17.19% y la autohormigonera el 141.46% a la cuadrilla de la mezcladora trompo; como también de 124.27% entre tolva y autohormigonera diferenciando así la gran holgura que existe entre estas eficiencias de producción, estos resultados fueron obtenidos al realizar un análisis inferencial, al comparar los resultados de las tres cuadrillas de producción de concreto. Conociendo resultados como lo mostrado facilitara la comprensión, planeación y aplicación a los contratistas del sector.

Palabra clave: Proceso de producción de concreto; Productividad; Eficiencia.

ABSTRAC

The concrete production process consists of producing a homogeneous and well proportioned mixture, for this purpose equipment such as the top or hopper mixer is used as well as machinery such as the self-concrete mixer, among others, however, the productivity relationship between them. Consequently, the choice of equipment or machinery on site is a challenge for the contractor, who only has empirical knowledge or promotional catalogs at hand that show unproven performance. This research contributes to determining the impact of the concrete production process on productivity as a function of costs and times in an urban pavement work in the town of Cajay-Huari, who employed independent crews from the top, hopper and concrete mixer. Parametric data were obtained under non-altered conditions that met normality, which facilitated the analysis using the one-way ANOVA statistical tool. We observe that the productivity in function of costs, the hopper mixer gives an advantage of 1.60% and the self-concrete mixer 5.27% to the spinning mixer crew, as well as 3.98% between hopper and self-concrete mixer, thus distinguishing that there is not much margin in production costs, and regarding productivity in production times, we observe that the efficiency of the hopper mixer gives an advantage of 17.19% and the Autoconcrete mixer 141.46% to the crew of the top mixer; as well as 124.27% between the hopper and the concrete mixer, thus differentiating the great clearance that exists between these production efficiencies, these results were obtained by performing an inferential analysis, when comparing the results of the three concrete production crews. Knowing results as shown will facilitate compression, planning and application to contractors in the sector.

Keywords: Concrete production process; Productivity; Efficiency.

INTRODUCCIÓN

La productividad y la rentabilidad en la industria de la construcción está íntimamente relacionada puesto que son directamente proporcional a menor o mayor productividad se reflejará como menor o mayor rentabilidad respectivamente. Es por ello que se plantea como una de las líneas de investigación a la productividad en este estudio.

Dentro de las obras civiles se encuentra la construcción de pavimentos urbanos, son proyectos que es su mayoría tiene la mayor incidencia en la partida de concreto para pavimento y concentrara más del 50% del presupuesto del proyecto, por tal este estudio coge como segunda línea de investigación el proceso de producción de concreto que es una secuencia de actividades que se emplea para producir una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y la productividad.

La finalidad de este estudio es describir el proceso de producción de concreto y su impacto en la productividad en una obra de pavimento urbano; circunstancialmente se tuvo la oportunidad de observar la producción de concreto mediante la mezcladora trompo, tolva y la autohormigonera quienes enriquecieron enormemente a esta investigación.

En consecuencia, esperamos aportar a los contratistas que tengan la oportunidad de ejecutar obras similares en las zonas muy próximas donde se realizó el estudio, como también generalizarlo para la región y país. Se usó una metodología basada en observaciones sin intervención con tres cuadrillas independientes (trompo, tolva y autohormigonera) encontrados así datos no alterados de cómo va la productividad en función a costos y tiempos, así puedan tomar sus precauciones y emplear las recomendaciones propuestas.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

- En el capítulo I se realizó el planteamiento del problema de investigación donde se formula el problema general y específicos, incluye los objetivos y la justificación e importancia del trabajo de investigación, como también se desarrolla la hipótesis general, hipótesis específicas, la matriz de operacionalización de variables.
- En el capítulo II se encuentra la metodología de la investigación donde se fundamenta el diseño de investigación, así mismo se determina la población y muestra.
- En el capítulo III están los antecedentes bibliográficos, las bases teóricas y el glosario de términos técnicos.
- En el capítulo IV se describe interiormente a la obra investigada donde mostramos el contexto, su forma de producción de concreto las cuadrillas y formatos que se usó para la investigación como también se realiza una revisión de sus costos y un análisis de su productividad.
- En el capítulo V, se reporta los resultados de la investigación. Se desarrolla la contratación de la hipótesis y la discusión de los resultados.
- Finalmente están las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, apéndices y anexos.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

El proceso de producción de concreto es una secuencia de actividades que se emplea para producir una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y la productividad significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo, como también la productividad es la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos, significando que a menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

Dentro de las obras civiles se encuentra la construcción de pavimentos urbanos, son proyectos que es su mayoría tiene la mayor incidencia en la partida de “concreto para pavimento” y frecuentemente concentra más del 50% del presupuesto del proyecto. Al interior del país fuera de grandes urbes donde no encontraremos proveedores que puedan abastecer de concretos premezclados con los camiones carmix y plumas con sus bombas de impulsión, se realiza la producción del concreto

en el mismo emplazamiento para tal propósito se emplean equipos como la Mezcladora Trompo o Tolva como también maquinarias como la autohormigonera, sin embargo, es poco conocido la relación de la productividad entre ellos. En consecuencia, la planeación y elección del equipo o maquinaria a falta de investigación adquirida en obra es un reto para el contratista, que solo tiene a la mano conocimientos empíricos o catálogos promocionales que muestran productividades no comprobados.

Existen estudios sobre la productividad, sobre todo en obras de edificaciones, pero no se encontraron estudios en obras de pavimentos urbanos donde determinen la incidencia del proceso de producción de concreto en la productividad en función de costos de producción y tiempos empleados con las mezcladoras de trompo, tolva y autohormigonera en ese contexto existe la necesidad de realizar estudios para mejorar la productividad en la partida de mayor relevancia en este tipo de obras de tal manera que se logre una mejor performance.

Por ello la presente investigación pretende estudiar el proceso de la producción de concreto y ver su impacto en la productividad en una obra de pavimento urbano ubicado en la localidad de Cajay – Huari – Ancash. Esperando así facilitar la comprensión, planeación y aplicación a los contratistas del sector que tengan la oportunidad de realizar obras de esta naturaleza.

Así ante lo expuesto, se responderá a la siguiente pregunta ¿De qué manera incide el proceso de producción de concreto en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay, Huari 2018?

En ese sentido, la investigación estudia, el proceso de producción de concreto de cemento portland y productividad en una obra de pavimento urbano, en el Distrito

de Cajay - Huari – 2018; donde se evidencio el uso de la mezcladora trompo, tolva y la autohormigonera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general:

¿Cómo incide el proceso de producción de concreto en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay, Huari 2018?

1.2.2. Problemas específicos.

- ⇒ ¿Cómo influye el proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora trompo en la productividad de la obra pavimento urbano?
- ⇒ ¿Cómo influye el proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva en la productividad de la obra pavimento urbano?
- ⇒ ¿Cómo influye el proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera en la productividad de la obra pavimento urbano?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Si pudiéramos mejorar la productividad en la partida de mayor influencia en las obras de pavimento urbano y estos se estandarizan el beneficiario directo seríamos todos nosotros, estaríamos produciendo más concreto, con los mismos recursos. Los continuos estudios de la productividad siempre serán bien justificados en todos los ámbitos

La presente investigación estudia el proceso de producción de concreto donde evalúa dos equipos (mezcladora trompo y tolva) y una maquinaria (autohormigonera) para obtener las diferencias en la productividad en función de costos de producción y

tiempos empleados; Que más adelante explicaremos por que denominamos “costos de producción” y al tiempo lo relacionamos con la “eficiencia”.

Conociendo este tipo de resultados beneficiamos directamente en la planeación y obtención de resultados muy próximos a la realidad, a los que se encuentran en el sector de la construcción que tengan la oportunidad de ejecutar obras de pavimento urbanos en la zona de la investigación. Como también esperamos que los resultados se puedan generalizar para la región y país.

1.4. CONTEXTO

La localización de la obra investigada, se encuentra en la capital del distrito de Cajay de la provincia de Huari departamento de Ancash, específicamente en la Av. Pedro Aguirre, Pj. Queru Cutaj y la Av. Circunvalación Alta en el tramo 0+300 – 0+440 de la localidad de Cajay.

La localidad de Cajay solo contaba con un 50% de calles pavimentadas por lo cual la Municipalidad Distrital elaboro su expediente técnico y encargo su ejecución a una empresa constructora, ampliando así la infraestructura urbana de la localidad con una extensión de 00+650 metros lineales de calles pavimentadas, el mismo proyecto contemplaba también cambios de tuberías del sistema de agua potable y desagüe.

Paralelo a esta obra se ejecutaban otras avenidas en la misma localidad una por administración directa y otra por contrato, además a estas fechas se produjo una implosión de obras en toda la provincia de Huari, producto de ello fue limitada la mano de obra, equipos y encarecimientos de materiales (agregados).

El investigador vio factible realizar una investigación en este contexto al observar que usaron tres equipos distintos para la producción del concreto y es una oportunidad para conocer la relación de la productividad entre ellas.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo general.

Determinar la incidencia del proceso de producción de concreto en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

1.5.2. Objetivos específicos.

1. Identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora trompo en la productividad de la obra pavimento urbano.
2. Identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva en la productividad de la obra pavimento urbano.
3. Identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera en la productividad de la obra pavimento urbano.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General.

El proceso de producción de concreto incide significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

1.6.2. Hipótesis Específicas.

1. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora trompo influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.
2. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.

3. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.

1.7. VARIABLES.

1.7.1. Variable independiente:

⇒ El proceso de producción de concreto de cemento portland.

1.7.2. Variable dependiente:

⇒ La productividad de la obra pavimento urbano

1.7.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Operacionalización			Instrumento de investigación
			Dimensiones	Índice de medición.	Valores finales	
Independiente Proceso de producción de concreto de cemento portland.	El proceso de producción de concreto de cemento portland. Es una secuencia de actividades para obtener una mezcla homogénea de la dosificación exacta del cemento, agregados, agua y aditivos. (Neira, 2012)	Proceso de producción de concreto mediante cuadrillas de las mezcladoras tolva, trompo y hormigonera para pavimento urbano.	Producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora trompo.	(E1) Etapa de provisión e instalación.	Horas hombre.	Formatos de Observación. software. Excel. IBM SPSS
			Producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva.	(E2) Etapa de producción y transporte.	Horas máquina.	
			Producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera.	(E3) Etapa de extendido y vibrado de la mezcla.	Insumos y materiales.	
Dependiente Productividad en obra de pavimento urbano.	Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, como también cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema. (Prokopenko, 1989)	La productividad será abordado desde dos puntos de vista (1) productividad en función a costos de producción y (2) productividad en función a tiempos de producción.	-Recursos empleados para la producción (S/.) -Salida - Resultado logrado Pago (S/.)	Productividad en función de costos de producción.	Mayores, iguales o menores al 100% a lo proyectado (Expediente Técnico)	
			Tiempo productivo (TP) Tiempo contributivo (TC). Tiempo no contributivo (TNC).	Productividad en función de tiempos de producción.	Eficiencia y TP % TC % TNC % <hr/> 100%	

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Nivel de investigación.

El nivel de investigación es **correlacional**, las variable dependiente e independiente presentan una relación estadística entre ellas.

2.1.2. Tipo de investigación.

Cuantitativo: Se usan magnitudes numéricas como metro cubico (m^3), horas hombre (hh) y horas maquina (hm), tales magnitudes permitieron verificar una relación estadística entre las variables dependiente e independiente.

No experimental: No se realizó ningún tipo de manipulación sobre las variables.

2.2. LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Delimitación temporal.

Se observó la obra, en el periodo de 02/05/2018 al 18/10/2018; y se analizó el proceso de producción de concreto de cemento portland específicamente la partida de

“concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos” estas actividades se realizaron del 23/07/2018 al 14/09/2018, dicho periodo se encontraba dentro del plazo contractual de la obra.

2.2.2. Delimitación espacial.

Se tomarán los datos de la obra: “Ampliación del pavimento del Jr. Huari y Jr. Ancash de la localidad de Cajay, provincia de Huari, departamento de Ancash”.

2.2.3. Delimitación del alcance.

En el presente trabajo, el investigador solo se limita a la observación sin intervención; el personal logístico, técnico de la obra llevan cada proceso: armado de cuadrillas, cumplimiento de calidad del concreto, exigencias de rendimientos entre otros.

En la presente investigación no se evaluó al individuo (personal calificado y no calificado), se verificó la productividad por cuadrillas y en un estado normal (propio y acostumbrado al desenvolvimiento de los trabajadores).

En la actividad de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos no se considera el equipo autohormigonera, Mezcladora de Tolva o Mezcladora de Trompo, en horas no disponibles para trabajar: Por fallas técnicas, por vencimiento de contrato, por falta de operador entre otros.

Si algún personal de las cuadrillas que realizan el trabajo de “concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos” apoya en otros frentes, sólo se registra las horas que permaneció en los trabajos de “concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos”

Se considera el 100% de las horas de los equipos que sólo trabajaron en la actividad de “concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos”

El presente trabajo no cuestiona no reformula diseños ya establecidos en el Estudio Definitivo de la Obra.

2.3. CONTEXTO

El emplazamiento, de la investigación se encuentra ubicado en la Localidad y Distrito de Cajay, Provincia de Huari, Departamento de Ancash.

El pavimento tiene paños con dimensiones de 3.0 metros de largo (longitudinal), 2.5 metros de ancho (transversal) y un espesor de 0.20 metros. Por consiguiente, contiene 1.5 m³ de concreto por paño, las mismas que se encuentran unidos por barras de amarre y transmisión; formando una calzada, con un ancho 5.0 metros.

El cronograma de avance de obra del expediente técnico de la partida “concreto f'c=210 kg/cm² para pavimentos” agenda 50 días para su ejecución; y el cronograma pert cpm del contratista aprobado por la supervisión presenta un plazo de 60 días calendarios.

2.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA

2.4.1. Unidad de análisis.

La partida “Concreto f'c=210 kg/cm² para pavimentos”.

2.4.2. Población.

La población de estudio es un caso particular la cual es: producción de concreto para pavimentos, de la obra “Ampliación del pavimento del Jr. Huari y Jr. Ancash de la localidad de Cajay, provincia de Huari, departamento de Ancash”.

2.4.3. Muestra

La muestra es igual que la población que es: el 100% de la producción de concreto para pavimentos, de la obra “Ampliación del pavimento del Jr. Huari y Jr. Ancash de la localidad de Cajay, provincia de Huari, departamento de Ancash”.

Señalamos que se tiene tres cuadrillas de producción de concreto cada una con mezcladoras distinta los cuales son: trompo, tolva y autohormigonera.

Se examina la productividad en cada una de ellas; una limitante de la investigación es la no intervención en ningún aspecto sobre la muestra por tanto la cantidad de producción de concreto de cada cuadrilla fue facultad del contratista que se le presentaron circunstancialmente.

2.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1. Técnicas, instrumentos de recolección de datos.

Técnicas Análisis Documentario:

Con el fin de obtener conocimientos de la realidad primara, no mediado y por lo tanto no engañosos, se usaron las siguientes documentaciones (instrumentos) que el investigador tuvo acceso y permiso del contratista para registrarlos en caso no lo generen.

- **Expediente técnico de obra.** - Se estudió la partida “Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” en los diferentes documentos del expediente técnico tales como Planos, Especificaciones Técnicas, Memoria descriptiva, cronogramas y presupuestos.
- **Proceso de producción de concreto de cemento portland.** - Comprende la etapa de la ejecución fueron anotados en los formatos que se explican en el ítem 4.5 Formatos de la Investigación, luego de la revisión teórica. Apoyado de algunas grabaciones fotografías que se realizaron a cada cuadrilla, actividades como:
 - Reporte de vaciados de concreto.
 - Reportes de horas máquina por día.
 - Reporte de combustible.
 - Reporte de asistencia de personal y cuaderno de obra.

CAPITULO III

3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

3.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

En el campo de la industria de la construcción, es difícil establecer una definición de productividad estandarizada debido a que “cada empresa tiene su propia definición y pautas para la productividad de acuerdo con su sistema único de control de proyectos” (Crawford & Vogl 2006, p. 210)

Al respecto (Nasir, Ahmed, Haas, & Goodrum, 2013) indica que la heterogeneidad de las entradas y salidas hace que sea muy difícil establecer una definición de productividad en la construcción. Sin embargo, teniendo en cuenta el tiempo y midiendo producciones sobre el tiempo hace que sea más fácil comparar la productividad y determinar su crecimiento o disminución.

Teniendo en cuenta los autores anteriores revisamos la tesis de Morales & Galeas, (2006). Cual titula “Diagnóstico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción.” De la Pontificia Universidad Católica del Perú; Realizada en la

ciudad de Lima Metropolitana, Con una muestra de 26 obras, concluyeron que el 30.40% del tiempo de las jornadas de trabajo fue dedicado a Trabajos Productivos al que aporta de forma directa a la producción; el 44.20% del tiempo de las jornadas fue dedicado a Trabajos Contributorios que corresponden el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo (Actividad necesaria, pero que no aporta valor.); el 26% restante del tiempo total a Trabajo No Contributorio representan trabajos que no genera valor y no contribuye a otra actividad, por lo tanto, se considera como actividad de pérdida. En su estudio también proporcionaron datos de la medición obtenido en el año 2000 de una tesis de la misma casa de estudios desarrollada por Flores Salizar Torre y por Bonelli Carrasco (2000), bajo la supervisión del Ingeniero Virgilio Ghio Castillo, quienes para esa fecha concluyeron que los Trabajos Productivos alcanzaban un 27.90%; Los Trabajos Contributorios un 36.30% y el Trabajo No Contributorio en un 35.90%; En la que podemos notar que la evolución durante los seis años en la ciudad de Lima se ve una mejora en las actividades No Contributorias los cuales han disminuido en un 10.50%, pero eso no ocurre con los Trabajos Contributorias que ha aumentado en un 7.90% y la satisfacción de encontrar que el Trabajo Productivo se ha mejorado en un 2.50% en ese periodo de tiempo.

Román, (2015). En su tesis “Aplicación de las metodologías construcción sin pérdidas e innovación tecnológica para la mejora de la productividad en procesos de pavimentación.” De la Universidad Nacional de Ingeniería; su estudio aborda el problema de la mejora de la productividad del trabajo en procesos constructivos en la obra Mantenimiento y Rehabilitación de la Carretera Ayacucho – Abancay Km 0+050 – Km 0+098.8, aplicando dos metodologías: la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y la Innovación Tecnológica. Para ello diagnóstica el flujo de

procesos de pavimentación, identificando que las pérdidas de mayor impacto difieren de acuerdo al proceso que se lleva cabo y propone optimizar los tiempos muertos por falta de frente en la esparcidora se redujeron del 13.1 % del tiempo total (70 min) a 0, para lo cual se propone mejorar la planificación y estandarizar los tramos de liberación de capas esto concluye aplicando Lean Construcción; respecto a la innovación tecnológica propone que es más conveniente implementar tecnología donde señala que podemos mejorar la productividad en procesos de nivelado y compactación pues son los procesos con menor desempeño, otro punto resaltante es que se compren la pavimentadora Vogele 1800-3 con sensores sónicos de nivelación resultó ser una alternativa que mejora enormemente la productividad y a la vez es muy rentable pues la inversión se recuperará en aproximadamente 1 año y medio y permitirá ganar al final del periodo de vida del equipo un monto equivalente a lo invertido en su adquisición.

Castillo, (2003). En su Tesis “Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras civiles por administración directa en Huaraz” De la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; estudio la Productividad en la Construcción de la Facultad de Industrias Alimentarias, donde concluyo que los Trabajos Productivos alcanzaban un 23%; Los Trabajos Contributorios un 44% y el Trabajo No Contributorio un 33%.

Arce Francia, (2018). En su tesis "Nivel de productividad en el encofrado y vaciado de concreto armado empleando encofrados metálicos y auto hormigoneras, respectivamente, en la obra: reconstrucción y equipamiento de la I.E.P Santa Inés – Yungay – Ancash, 2016" determino el Nivel de Productividad y Eficiencia en el encofrado y vaciado de concreto armado empleando Encofrados Metálicos y autohormigoneras, en la obra que cita su título; es de suma relevancia para esta

investigación el estudio del nivel de productividad y eficiencia encontrado en el vaciado de concreto armado empleando autohormigonera, nos prueba que a pesar de que el promedio de la Productividad Diaria en el vaciado de las Columnas del 1er y 3er Pisos son superiores al 100%, no implicó que alcanzaran niveles de Eficiencia en su totalidad, producto del costo de alquiler de la maquinaria. Pero nos indica que solo en 02 de los 14 elementos estudiados no alcanzaron valores de eficiencia, en consecuencia, en promedio supera el 100%, concluyendo que, en la gran mayoría de los Elementos Estructurales, la Productividad Diaria alcanzó valores de Eficiencia al emplear autohormigoneras.

3.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.

3.2.1. Definición del concreto.

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. Es necesario agregar agua, además de aquella que se requiere para la reacción química, con el fin de darle a la mezcla la trabajabilidad adecuada que permita llenar las formaletas y rodear el acero de refuerzo embebido, antes de que inicie el endurecimiento (Nilson, 2001)

Rivva López (2008), define que el concreto es un material inventado por el hombre y se le considera como el más empleado y versátil de los materiales de construcción actual, permitiendo su utilización en todo tipo de estructuras y en los climas más variados. Así mismo menciona que el concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua, agregados fino y grueso,

adicionalmente puede tener en su composición aditivos, adiciones, fibra y en casos muy especiales se le incorpora intencionalmente aire para incrementar su durabilidad en bajas temperaturas. Recomienda que cuando mayor es el conocimiento de sus materiales integrantes (propiedades), del proceso de su fabricación y colocación, de sus procesos de mantenimiento y reparación, y de los posibles ataques a los cuales pueden estar expuestos, mejor será el concreto.

3.2.2. Materiales del concreto.

Como se mencionó en la definición, el concreto es una mezcla de los componentes esenciales de cemento, agua y agregados fino y grueso como también se puede mejorar incorporando aditivos y en casos de altura se incorpora aire en forma opcional para mayor durabilidad.

Se conoce que se pueden obtener concretos en un alto rango de propiedades, estos rangos altos se obtienen al ajustar apropiadamente las proporciones de los materiales que lo constituyen así: 1. Utilizando cementos especiales (Cementos de alta resistencia inicial) 2. Agregados especiales (Que pueden ser ligeros o pesados) 3. Aditivos (Plastificantes y agentes incorporadores de aire, micro sílice o cenizas volantes) y 4. Mediante métodos especiales de curado (Por ejemplo, curado al vapor).

En esta sección se ahondará en los componentes esenciales.

- **Cemento.**

Rivva López, et al., (2008) indica que el cemento es el componente más importante activo de concreto, pertenecen al grupo de materiales de construcción denominado aglomerantes hidráulicos y comprenden aquellos que se endurecen mezclados con el agua y al mismo tiempo resisten a la acción de ésta; En los aglomerantes hidráulicos encontramos al cemento luminoso, los cementos

metalúrgicos y por supuesto el más usado el cemento Portland; Se denomina cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de unir las partículas de los agregados grueso y fino al ser añadido agua, formando una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables; Y cemento Portland es el producto obtenido por la pulverización del clinker Portland como la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no exceda el 1% en peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. El producto adicional debe ser pulverizadas conjuntamente con el Clinker; La norma ASTM C 150 y la correspondiente Norma NTP 339.009 especifica cinco (5) tipos de cemento Portland, de los cuales en el Perú se utilizan tres tipos estándar siguientes:

- ⇒ Tipo I, qué es un cemento de uso general cuando no necesitan propiedades esenciales de otros cementos.
- ⇒ Tipo II, qué es un cemento de uso general que tiene resistencias moderadas a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- ⇒ Tipo V, qué es un cemento recomendado en aquellos casos que se requiere alta resistencia a los sulfatos, alta resistencia a la compresión o baja generación de calor.

Sanchez de Guzman, (2001) menciona que el principal componente del concreto es el cemento portland el cual ocupa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla y tiene propiedades de adherencia y cohesión que proveen buena resistencia a la compresión.

- **Agregados.**

Rivva López, et al., (2008) define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en el Norma NTP 400.011. Por su peso puede clasificarse en normal, liviano y pesado. Por su limpieza en sucio o limpio. Por su granulometría en agregado fino, agregado grueso, o agregado integral también conocido como hormigón; En el concreto el agregado ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica, por ende, la suma importancia su estudio. Ya en el año 1923 tuvo sus primeros estudios por Gilkey y se dejó de considerar al agregado como un material inerte de relleno cuya aplicación permitía disminuir el costo de la unidad cubica del concreto. Hoy se sabe que el agregado, debido a sus propiedades físicas, químicas y térmicas, tiene influencia determinante sobre a propiedades del concreto, especialmente su resistencia y durabilidad.

Para Sanchez de Guzman, (2001) El segundo componente del concreto son los agregados los cuales ocupan entre el 59% y 76% del volumen de la mezcla, son materiales inertes naturales o artificiales de forma granular los cuales son seleccionados granulométricamente con el fin de separar las arenas de las gravas.

Chan Yam, Carcaño, & Moreno, (2003). plantean en relación a la influencia de los agregados sobre las propiedades del concreto fresco, se conoce que la absorción es la propiedad que más influye en la consistencia del concreto ya que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, se conoce además que entre mayor sea la superficie de agregado para cubrir con pasta menor fluidez se tendrá.

- **Agua**

El tercer componente es el Agua el cual ocupa entre el 14% y el 18% del volumen de la mezcla he hidrata el cemento portland por medio de reacciones químicas. (Sánchez de Guzmán, 2001)

Es el catalizador del cemento, el agua presente en la mezcla del concreto reacciona químicamente con el cemento para lograr la formación de gel y permitir que el conjunto de la masa adquiera propiedades que en estado fresco faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas; Se usa generalmente agua potable, si no está disponible se podrá usar agua de río, de lago, de afluentes naturales, entre otras, siempre y cuando estén claras, no tengan olor apreciable y cumplan con los requisitos químicos estipulados en la norma NTP 339.088: Requisitos de calidad del agua para el concreto. (Oré Torre, 2014)

3.2.3. Preparación del concreto.

El proceso de mezclado del concreto consiste en recubrir el agregado con la pasta de cemento hasta conseguir una masa uniforme; La pasta que está conformada por el cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y formar una masa sólida, Rivva (2000) identifica como elementos fundamentales de la pasta los siguientes: 1. El gel que es el producto resultante de la reacción química al hidratar el cemento, 2. Los poros que se incluyen en la pasta, 3. El cemento no hidratado (Si hay) y 4. Los cristales de Hidróxido de Calcio que pudiesen formarse durante la hidratación del cemento.

Un proceso primordial para lograr un concreto de calidad es el de hidratación, al respecto Nilson, A. (2001) explica que se debe agregar agua adicional a la requerida para realizar la mezcla, ya que es esta da a la mezcla la trabajabilidad

adecuada para llenar las formaletas y rodear el acero de refuerzo embebido antes que inicie el endurecimiento.

El propósito principal del mezclado es producir una mezcla íntima entre el cemento, el agua, los agregados finos y gruesos y los posibles aditivos para así lograr una consistencia uniforme. Para realizar la elaboración de la mezcla se debe contar con el personal preparado para este fin, no se deben rotar los obreros para la preparación de la mezcla. Este personal o cuadrilla debe mantenerse de tal manera que los obreros desarrollen las habilidades necesarias para obtener una buena calidad de concreto.

Teniendo en cuenta este personal se procede a la elaboración del concreto el cual inicia con la tabla de dosificación para la cual se deben considerar Cuatro (4) variables importantes que son: 1. La relación agua – cemento, 2. Contenido del cemento (Relación Cemento Agregado), 3. Distribución granulométrica de los agregados y 4. Consistencia de la mezcla fresca. Posterior a este proceso se debe tener en cuenta la dosificación y mezclado del concreto.

La producción de mezclas en obra. En la medida en que el lugar de producción de concreto esté limpio, ordenado y bien planeado, se pueden esperar mejores resultados en rendimientos de materiales, eficiencias de mezclado y, por supuesto, resultados en una mejor calidad de los concretos. La distribución de la planta de mezclas debe procurar el mínimo de desplazamientos desde la fuente de materias primas hasta el lugar de producción y desde el lugar de producción hasta el lugar de colocación.

3.2.4. Dosificación de la mezcla.

La dosificación es el proceso de medida por peso o por volumen de los ingredientes del concreto y su introducción en la batidora

Nilson, (2001) indica que la dosificación debe garantizar que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada a la hora del vaciado y un bajo costo, en el último caso se requiere el uso de la mínima cantidad de cemento (el material más costoso) que asegure las propiedades adecuadas para el concreto.

Lo anterior es expuesto a su vez por Gutiérrez de López, (2003). Explica que el diseño de mezclas de concreto tiene por objeto encontrar la dosificación más económica de cemento, agregado grueso y arena para producir un material con la resistencia, manejabilidad, impermeabilidad y durabilidad requeridos por el diseño de la estructura y por el método constructivo a utilizar.

Es importante aclarar que mientras menor sea la gradación de los agregados (menor sea el volumen de vacíos) menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos. Respecto al agua, se conoce que a medida que se adiciona, la plasticidad y la fluidez de la mezcla aumentan (Mejora la manejabilidad). Sin embargo, la resistencia disminuye, debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre; para lograr una reducción del agua libre y lograr la manejabilidad se debe agregar cemento: La relación Agua – Cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto. La relación agua-cemento tiene una influencia decisiva sobre la resistencia a la compresión del concreto.

3.2.5. Herramientas, y mezcladoras.

- **La carretilla tipo buggy. –**

⇒ Es una carretilla honda con una capacidad máxima de tres pies cúbicos (que equivalen a 3 bolsas de cemento). Se emplea para transportar todo tipo de materiales. Su diseño permite el traslado de la carga con un menor esfuerzo.

Es conveniente mantenerla limpia para evitar que se oxide (Orihuela P, Orihuela J, Lazo, Ulloa & die, 2010).

- **Mezcladoras**

- ⇒ Hormigonera: es una máquina acoplado con un tambor giratorio a 180° y provista de una pala auto cargable, encontramos en el mercado distintas marcas como también de varias capacidades de producción de concreto, tiene enormes ventajas como de producción en el mismo emplazamiento de la obras de construcción donde ese requiere concreto en cantidades considerables, es muy versátil en su desplazamiento a comparación de otros tipos de mezcladores por tener tamaños pequeños en comparación a estos, proporciona una mezcla de mayor uniformidad y permanente mezclado desde el ingreso de materiales hasta la puesta final del concreto. Como también presentan desventajas como la inestabilidad en el desplazamiento en circuitos que tengan pendientes considerables o plataformas desniveladas
- ⇒ Mezcladora de trompo: Equipo convencional que es frecuente encontrar en toda obra de construcción, los materiales ingresan a la mezcladora de trompo levantándolos a la altura de la boca de entrada (Cuba).
- ⇒ Mezcladora tolva: Equipo similar a la mezcladora trompo que con una tolva de alimentación el cual permite alimentar el cemento, así como también la piedra y la arena gruesa con la ayuda de buggies, todo esto mientras la cuba va realizando el batido y despacha la mezcla, disminuyendo así tiempos de espera.

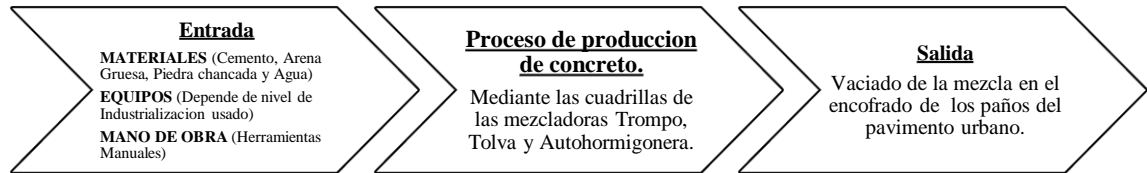
3.2.6. Definición conceptual del PPC para la investigación

El proceso de producción de concreto (PPC) para la presente investigación es la secuencia de actividades para la elaboración de una mezcla homogénea y bien

dosificada de cemento, agua y agregados según el diseño de mezclas. Para mayor precisión ver el diagrama de flujo tradicional que se muestra la Figura 1

Figura 1

Proceso de Producción del Concreto.



3.3. PRODUCTIVIDAD.

3.3.1. Definición teórica de la productividad.

“La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.” (Gutiérrez Pulido, 2014 p. 21).

Prokopenko (1989). Tiene dos puntos de vista, la primera menciona que una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo y el segundo punto de vista, que la productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos, por consiguiente el tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano con esta lógica afirma que cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

El ingeniero civil Serpell (2002), pone un alto a todos estos conceptos con el siguiente ejemplo, de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería en una obra, utilizando muy eficientemente los recursos de mano de obra, si estos muros resultan con serios problemas de calidad, hasta el punto que deben

demolirse posteriormente para rehacerlos; La medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

Serpell amplia, considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades: (1) Productividad de los materiales: En la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas. (2) Productividad de la mano de obra: Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos. Y (3) Productividad de la maquinaria: Este factor es importante por el alto costo de los equipos, por lo tanto, es muy relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

Teniendo presente el ejemplo del ingeniero Serpell, es necesario volver a citar a Gutiérrez (2014), quien nos menciona, que veamos a la productividad a través de dos componentes: eficiencia (relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados) y eficacia (grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados).

$$\textit{Productividad} = \textit{Eficiencia} \times \textit{Eficacia}$$

Eficiencia: Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. (producción mayor con los mismos materiales e insumos o producción planificada en un menor tiempo).

Eficacia: Es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. (cumplimiento de estándares de calidad o también llamado en el sector de la construcción de cumplimiento de las especificaciones técnicas).

3.3.2. Productividad, desde una concepción matemática.

“Según una definición general, la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.” (Prokopenko et al., 1989, p. 3).

Gutiérrez Pulido (2014) describe que la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados (unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades) y los recursos empleados (número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.)

Para Thomas & Raynar (1997), La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.

Las tres últimas afirmaciones, así como todas las investigaciones dan por fórmula general a la productividad, lo siguiente:

$$Productividad = \frac{Salida}{Entrada} \quad \text{ó} \quad Productividad = \frac{Resultado\ logrado}{Recurso\ empleado}$$

Con mucha frecuencia se suele confundir dos términos muy parecidos como son la producción con la productividad, si bien están relacionadas tienen conceptos diferentes.

- **Producción.** - Se refiere a la actividad de elaborar bienes o servicios.
- **Productividad.** - Se refiere a la eficiencia con que se emplean los recursos al producir bienes y/o servicios.

Por el hecho de estar relacionados la producción con la productividad, se llega a pensar de manera equivocada que a mayor producción mayor es la productividad. Si se observa en términos cuantitativos, la producción es la cantidad de productos que se produjeron, mientras que la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados.

- **Ejemplo**

El día lunes (jornada de 8.5 horas) se logra vaciar una losa de 20.00 m³ de concreto con una cuadrilla de 12 obreros.

⇒ Cantidad de producción= 20.00 m³

⇒ Recursos Utilizados = 12 Hombres X 8.5 Horas = 102 Horas Hombre (HH)

⇒ $Productividad = \frac{20.00 m^3}{102 hh} = 0.196 m^3 / hh$

Para el día martes (jornada de 8.5 horas) se tiene que vaciar una losa de 33.35 m³ de concreto para lo cual el residente manda una cuadrilla de 20 obreros y así lograr la meta del día.

⇒ Cantidad de producción= 33.35 m³

⇒ Recursos Utilizados = 20 Hombres X 8.5 Horas = 170 (HH)

⇒ $Productividad = \frac{33.35 m^3}{170hh} = 0.196 m^3 / HH$

Se puede observar que, aunque la producción de concreto vaciado aumento en un mismo periodo de tiempo la productividad se mantuvo debido al incremento de los recursos empleados.

3.3.3. Definición conceptual de la productividad para la investigación

A partir de las definiciones estudiadas, esta investigación analiza a la productividad a partir de dos puntos de vista:

- El primer aspecto tiene que ver con la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo, dicho por otro autor especializado en la construcción de obras civiles la evaluación desde tres aspectos (1) Productividad de los materiales, (2) Productividad de la mano de obra y (3) Productividad de la maquinaria.

$$\text{Productividad 1} = \text{Productividad de materiales} + \text{Productividad de mano de obra} + \text{Productividad de maquinaria}$$

Que significa

$$\text{Productividad 1} = \frac{\text{Materiales presupuestado}}{\text{Materiales usados}} + \frac{\text{Mano de obra presupuestado}}{\text{Mano de obra usado}} + \frac{\text{Maquinaria presupuestada}}{\text{Maquinaria usada}}$$

Sin embargo, la dificultad es unir estos tres aspectos. Por lo que obliga a la investigación en analizar en base a algo común en otras palabras, en una sola dimensión por lo que se ha visto por conveniente usar la herramienta de costos de producción así podríamos llevar toda la productividad en función a costos de materiales a costos de mano de obra y finalmente costos de maquinaria; así podríamos estar analizando una productividad ya enlazado los tres aspectos.

- El segundo aspecto es necesario ver al tiempo como un buen denominador, con esta lógica que cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema, para tal cogeremos la fórmula:

$$\text{Productividad 2} = \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Esta investigación la calidad lo consideramos 1 debido al cumplimiento estándar de las especificaciones técnicas, los cuales son aprobados por los ingenieros responsables de la obra y así aprovechar los constituyentes de la Eficiencia los cuales son:

$$\text{Productividad 2} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible.}}$$

- En esta investigación se le vera como productividad en función a los tiempos de producción.

Resumiendo, en esta investigación la productividad será abordado desde dos puntos de vista (1) productividad en función a costos de producción y (2) productividad en función a tiempos de producción.

3.3.4. Impacto de la productividad en empresas de construcción:

La situación de la industria de la construcción en los últimos años, los problemas generados por las altas tasas de desocupación laboral, el generalizado sentir de frustración de la sociedad por el gran esfuerzo que requiere mantenerse y desarrollarse, donde la consigna es competir en precio y calidad para mantenerse en el mercado, debido a una economía asignada por los cambios operados en el mundo de la globalización, induce a pensar con mayor intensidad en la “Productividad”, como elemento generador de “competitividad”, ya que ésta surge como una condición sustancial para el desarrollo económico y progreso social.

Al incrementar la competitividad y la productividad de la industria de la construcción, se pueden inferir los efectos positivos potenciales en los demás sectores, en el empleo, en el crecimiento que genera la industria de la construcción y esto constituiría a nivel nacional, el beneficio económico y social por lograr.

En la necesidad de incrementar la productividad, las empresas han tenido que mejorar los aspectos de calidad, el marco reglamentario, la capacitación y adiestramiento y las innovaciones, en pro de aumentar su nivel de participación dentro de la competencia que existe entre las empresas de esta industria. En éstas, los recursos humanos, técnicos, económicos, materiales y equipo son motivo y objeto permanente de optimización a través del incremento de su productividad, a fin de reducir costos en los bienes y servicios que se proporcionan a la comunidad.

Los índices de productividad coadyuvan asimismo en el establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico

durante un proceso de construcción, señalando los estrangulamientos y trabas del rendimiento. Además, sin un buen sistema de medición no puede existir mejora en las relaciones de trabajo o una correspondencia entre las políticas relativas a la productividad, los niveles salariales y la distribución de las ganancias.

3.3.5. Medición del trabajo o Estudio de tiempos

Con el fin de optimizar un proceso constructivo, el estudio de productividad se enfoca en reducir los tiempos improductivos (esperas, viajes con las manos vacías, tiempos ociosos, etc.), las interferencias con otras actividades, el uso inadecuado de equipos, etc. A continuación, se detalla la medición del trabajo o estudio de tiempos:

- ⇒ Realizar un seguimiento en campo del proceso constructivo, recogiendo algunos datos como:
 - La secuencia real que sigue el proceso constructivo en análisis (no aquella que se cree que se está aplicando).
 - Tiempos muertos del personal obrero.
 - Recoger opiniones y sugerencias del personal obrero respecto de las causas que producen tiempos muertos, y que han sido identificadas por ellos mismos.
 - Grado de utilización de los equipos.
 - Principales problemas observados que paralizaron los trabajos.
 - Esquema de distribución del personal y los equipos.
- ⇒ Luego de haber examinado la operación en campo, se debe proponer hacer un análisis más formal de los problemas detectados mediante un Estudio de Tiempos o Estudio del Trabajo, que se explica más adelante. Con este análisis se podrá cuantificar la magnitud de las pérdidas y de las oportunidades.
- ⇒ Proponer alternativas de mejora y probarlas.

El estudio de Tiempos o Estudio del Trabajo es una técnica proveniente de la industria manufacturera para el análisis de operaciones, con el objeto de mejorar la Productividad. La construcción tiene varias preocupaciones comunes con las de la industria manufacturera, como son: (1) Uso correcto del recurso humano, (2) Mejor utilización y mantenimiento posible de los equipos y (3) Transporte y distribución eficiente de los materiales.

En construcción el estudio de tiempos, es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.

Este estudio se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo. En un principio, se plantea que el trabajo en sí consta de dos partes. La primera parte es el contenido básico de trabajo, la cual fija el tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción.

La segunda parte es el contenido de trabajo suplementario, es decir, el tiempo adicional al teórico que sucede debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de materiales, o debido a la influencia de los recursos humanos.

- **Rutina de Programación.**

El objetivo de la rutina de programación es asegurar el cumplimiento de las estrategias de ejecución diseñadas en la etapa de Planeamiento y mejorar la Productividad a través de la reducción de pérdidas en los flujos.

La rutina de programación propuesta no es más que el reflejo de las técnicas seleccionadas del estudio de tiempos explicado anteriormente,

Este grupo de técnicas intentan reflejar la posible evolución de la obra con resultados importantes que servirán de base para futuros proyectos y procesos.

A continuación, se presentan herramientas que destacan por su simplicidad e impacto, permiten llevar un control a nivel general y en algunos casos un control de detalle que en posteriores obras se irá afinando además de especializando.

- **Tren de actividades.**

En función a sus características particulares, algunos proyectos o porciones del proyecto podrán tener sus cronogramas representados por un Tren de Actividades. Esto se aplica principalmente en proyectos en los que la variabilidad es reducida por lo que es posible descomponer el trabajo total en partes equivalentes de trabajo. Esta herramienta está orientada a optimizar actividades repetitivas y secuenciales, pero la metodología también permite convertir un proyecto no repetitivo en repetitivo.

Esta metodología se basa en dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas, más manejables. La programación de cada actividad se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad, eliminando así tiempos de espera y tiempos muertos. Entre sus características tenemos las siguientes:

- ⇒ Es una programación lineal basada en lograr volúmenes de producción similares para cada día, en cada cuadrilla.
- ⇒ La cantidad de trabajo “Q” que se ejecuta en cada una de las estaciones debe ser aproximadamente la misma.
- ⇒ La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo “Q”.
- ⇒ Todos los días se tiene el mismo avance.

- **Elaboración del Tren de Actividades:**

Se busca que, una vez detallada la secuencia constructiva para la ejecución de un elemento o partida, una cuadrilla específica pueda realizar todos los días la misma

actividad, cambiando únicamente de lugar de trabajo. La metodología para elaborar un tren de actividades es la siguiente:

- ⇒ Sectorizar el área de trabajo en pequeños sectores que puedan ser construidos en un día de trabajo, de manera de conseguir repetición en los trabajos y aprovechar las ventajas de la curva de aprendizaje. La idea es que un grupo que trabaja en un sector pueda lograr una repetición del trabajo equivalente al número de sectores totales. La cantidad de trabajo debe ser equivalente en cada sector.
- ⇒ Listar las actividades que conforman el trabajo que se va a ejecutar en cada sector. El detalle de este listado deberá ser tal que permita entender claramente el proceso y a su vez que no significa manejar muchas actividades que puedan confundir a los obreros.
- ⇒ Secuenciar las actividades previamente listadas de modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Este es el paso que toma más tiempo y es muy común que las primeras secuencias que se consideren no sean las mejores, estas se irán mejorando a lo largo del Proyecto. Se incluirán buffers en función a la variabilidad de las actividades. Siempre se tiene que tomar en cuenta que la duración del tren debe encajar dentro de los hitos del plan general. De no encajar, revisar la secuencia constructiva diaria, y ver la manera de ajustarla. Tal vez sea necesario, por ejemplo, disponer de mayor cantidad de equipos, o de mayor cantidad de obreros.
- ⇒ Dimensionar la cantidad de obreros y de equipos necesario considerando:
 - Metrados de cada sector (del más representativo)
 - Velocidad de avance de cada cuadrilla básica

- Número de cuadrillas básicas para que las actividades se ejecuten en 1 sólo día (en lo posible).

Para esto es necesario el haber sectorizado de manera uniforme el área de trabajo de manera que las cuadrillas realicen una cantidad similar de trabajo cada día. A esto se llama balanceo de capacidad.

- **Nivel General de Actividades (NGA)**

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal de la obra en general.

Éste indicador especifica la ocupación del tiempo de los trabajadores de toda la obra en promedio, clasificando el tipo de trabajo: (1) Tiempo productivo (TP), (2) Tiempo contributivo (TC) y (3) Tiempo no contributivo (TNC). (Serpell, 2002)

⇒ **Tiempo productivo (TP).** –

Es el tiempo donde se realiza trabajos que aporta de forma directa a la producción; en otras palabras, corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc. Dentro de las actividades clasificadas como productivas (P) consideramos, según la partida a la que pertenecen, las siguientes:

- Concreto: Vaciado.
- Acero: Colocación y acomodo de barras de acero, atortolado de mallas y refuerzos.
- Albañilería: Colocación mortero en junta vertical y/u horizontal, colocación de ladrillos y mechas de acero.

⇒ **Tiempo contributivo (TC).** –

Se define al tiempo empleado en los trabajos de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad necesaria, pero que no

aporta valor. De modo explicativo, dentro de las actividades contributorias consideramos el cargado de material (CM), cualquier tipo de medición (M), la limpieza (LI), dar o recibir instrucciones (I); dentro de las actividades clasificadas como otras contributorias (O) tenemos, según la partida a la que pertenecen, los siguientes:

- Concreto: Abastecimiento de los componentes a otros recipientes, sostener los recipientes, vibrado o chuseado, acomodo de la mezcla con lampa y dar acabado a superficies (caso losas), preparación del mismo.
- Acero: Cortar y doblar las varillas para darles la forma adecuada de refuerzo, bastones o estribos, sostener una barra para que otro la atortole, marcar con tiza las barras y encofrados, armado de andamios, armado de elementos estructurales fuera de sitio (para transportar y colocar columnas o vigas ya armadas).
- Encofrado: Sostener el encofrado (paneles, puntales, etc.) mientras otro lo asegura, armado de andamios.

Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, transporte de material, Limpieza del terreno o herramientas, etc. • Mediciones: Acción de un operario de utilizar alguna herramienta para verificar una distancia, por ejemplo usar una huincha, un nivel, etc. • Instrucciones: Conversación que se da entre el maestro y/o ingeniero y los trabajadores, o entre mismos trabajadores con el fin de coordinar actividades • Transportes: Movimiento de Insumos (materiales, o equipo) desde el almacén (principalmente) o desde una parte de la obra a otra zona donde se requiere utilizar •

Limpieza: Acción de un operario, con herramientas manuales, para despejar su área de trabajo de obstáculos o suciedad, así como la acción de limpiar sus herramientas para continuar su trabajo. • Habilidad de Materiales: Pueden considerarse todas las actividades justo antes de realizarse la actividad productiva, bien puede ser Doblar el acero, cortar la madera, Humedecer el concreto, lampear el concreto de una zona con excedente a otra con menos concreto. • Habilidad de equipo y herramientas: El tiempo empleado en prender un equipo, echarle combustible, revisarlo, mientras no sea un tiempo excesivo es parte del proceso productivo • Otros Contributorios: Distintas labores que no sean fácilmente tipificadas como las citadas anteriormente.

⇒ **Tiempo no contributivo (TNC).** –

Tiempo empleado en actividades o trabajos que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida. Análogamente, como trabajo no contributaria se consideran: los viajes sin llevar nada en las manos (v), las esperas del personal (es), ir a los servicios higiénicos (n), rehacer un trabajo (tr), tiempos ociosos (to) y otros (ot); a fin de uniformizar los criterios de evaluación del trabajo, se realizan mediciones y los resultados obtenidos se manejan con un formato de manera metódica para así disminuir los problemas que se pueden encontrar.

Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, tiempo ocio, etc. • Esperas: Todo tiempo en que los trabajadores dejan de trabajar, generalmente se da por fallas en la planificación, por ocurrencia de eventos no previsto y no saber cómo abórdalos para continuar la producción. •

Viajes: Movimientos del personal con las manos vacías, se realizan en búsqueda de material o por instrucciones • Tiempo Ocio: Tiempo en que el trabajador intencionalmente no produce, es una mala actitud del trabajador y se espera que sean mínimos. • Trabajo Rehecho: Tiempo dedica por un operario en reparar defectos durante el proceso productivo, teniendo a veces que eliminar el elemento producido, y volver a hacerlo desde cero. • Descansos: Tiempos en que los trabajadores relajan los músculos del continuo trabajo que vienen realizando, si bien después de 1 o 2 horas en alguna posición anti-ergonómica, se entiende que los trabajadores descansen, no puede ser excesiva. • Necesidades Fisiológicas: Tiempo en que los trabajadores se hidratan tomando agua, o tienen la necesidad de usar los servicios, igualmente deben ser tiempos mínimos. • Otros no Contributorios: Distintas labores que no sean fácilmente tipificadas como las citadas anteriormente, podría ser el conversar con los vecinos de manera recurrente.

3.4. BASES TEÓRICAS DEL PAVIMENTOS URBANO.

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonales y ciclo vías. (Norma CE.010 - Pavimentos Urbanos, 2010)

Los tipos de pavimento que muestra el Manual de Carreteras como la Norma CE.010 - Pavimentos Urbanos, 2010 son:

- ⇒ Pavimentos Flexibles.
- ⇒ Pavimentos Semirrígidos.
- ⇒ Pavimentos Rígidos.

3.4.1. Función de un pavimento

Zagaceta & Romero, 2008. Describe los siguientes:

- ⇒ Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo de un periodo de tiempo, denominado vida de diseño o ciclo de vida, durante el cual sólo deben ser necesarias algunas actuaciones esporádicas de conservación, locales o de poca magnitud en importancia y costo.
- ⇒ Resistir las solicitaciones del tránsito previsto durante la vida de diseño y distribuir las presiones verticales ejercidas por las cargas, de forma que a la capa subrasante solo llegue una pequeña fracción de aquellas, compatible con su capacidad de soporte. Las deformaciones recuperables que se produzcan tanto en la capa subrasante como en las diferentes capas del pavimento deberán ser admisibles, teniendo en cuenta la repetición de cargas y la resistencia a la fatiga de los materiales.
- ⇒ Constituir una estructura resistente a los factores climatológicos, en especial de la temperatura y del agua, por sus efectos adversos en el comportamiento de los materiales del pavimento y de los suelos de cimentación.

3.4.2. Proceso constructivo de pavimento urbano con cemento portland:

El proceso constructivo es el conjunto de periodos o fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura (DNP COLOMBIA, 2017).

Así mismo se usa una herramienta de gestión de proyectos, una estructura de descomposición de trabajo EDT, que viene hacer una estructura exhaustiva, jerárquica y descendente formada por los entregables a realizar en un proyecto. Se muestra la estructura de la obra de pavimento urbano con cemento portland:

- **Trabajos preliminares:**

- ⇒ Localización y replanteo: Se refiere a la localización planimetría y altimétrica, con su respectivas referencias y puntos de control topográficos conocidos en nuestro medio por Bench Mark - BMs, de toda la zona que será intervenida con el proyecto de pavimentación, que servirá de soporte para la ejecución de las obras; Es importante que esta actividad se debe realizar antes de iniciar las demoliciones y excavaciones, y comprende actividades tales como: Ubicación inicial y referenciación, en planta y perfil, de los inmuebles; así como la ubicación y referenciación, en planta y perfil de todo el terreno a intervenir (DNP Colombia, 2017).
- ⇒ Periodo de cierres y señalización. Corresponde a la actividad para aislar el lugar de los trabajos de las zonas aledañas, mediante cierres provisionales; Se proveerán accesos para el tránsito de vehículos y peatones, provistos de los elementos que garanticen el aislamiento y seguridad durante las obras. En caso de bloquear accesos a predios o garajes se deberá considerar los espacios para accesos temporales o a través de concertación con la comunidad determinar sitios de estacionamientos temporales (DNP Colombia, 2017).
- ⇒ Demolición y remoción. En caso de ser requerido, este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición. Así mismo, esta actividad también incluye el retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes;

la remoción de cercas de alambre, de especies vegetales y otros obstáculos. Además de ejecutarlas de acuerdo con las normas vigentes de seguridad, se deberán realizar todas las acciones preventivas necesarias para evitar accidentes de las personas que tengan incidencia directa con la obra (DNP Colombia, 2017).

⇒ Excavación y retiro. Se refiere a la nivelación y remoción de materiales varios que son necesarios para la construcción de las obras de construcción del pavimento y que son realizadas de acuerdo con lo indicado en los planos constructivos. Para ello se cortarán en el espesor y hasta la cota determinada en el diseño y se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos (DNP Colombia, 2017).

- **Construcción del Pavimento Rígido:**

Estas partidas son compuesta por las actividades necesarias para la construcción del pavimento rígido y comprende conformación de la calzada existente, extendida y compactación de material seleccionado, instalación y/o construcción de sardineles y construcción de la placa de concreto hidráulico con sus respectivas juntas.

⇒ Conformación de la calzada existente. Es necesario verificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar. Específicamente se debe determinar el CBR y el módulo de reacción del material o capa que va a funcionar como subrasante para usar como determinación de la calidad de la misma. La capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular. Esta

conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación y compactación simple. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar material de la misma conformación o si no se cuenta con él se podrá utilizar un relleno de características similares para obtener el faltante (DNP Colombia, 2017).

- ⇒ Extendido y compactación de material seleccionado. Se refiere a la selección, transporte, disposición, conformación y compactación mecánica, de los Materiales establecidos en el diseño como base granular para la realización del relleno, de acuerdo a los planos de topografía y al diseño del pavimento. El material de relleno no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga las cotas indicadas en los planos. La extensión, mezcla y conformación del material y se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen, no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.
- ⇒ Construcción de placa en concreto hidráulico. Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto

hidráulico como estructura de un pavimento; la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto. Una vez nivelada, compactada y curada la base granular se procede a ubicar las formaletas en tramos de varias placas en forma lineal nivelándolas con la estación topográfica, luego se instalan las parrillas con las dovelas de transferencia de carga en las juntas transversales, posteriormente se procede a mezclar concreto según diseño de mezcla, se humedece la base para evitar pérdida de humedad de la mezcla y se deposita la mezcla de concreto (teniendo en cuenta el diseño de mezcla), distribuyéndolo en toda el área de cada placa uniformemente, se inyecta el vibrador neumático y se pasa la regla vibratoria para liberar las burbujas de aire y dar nivelación inicial a mezcla con las formaletas, luego se alisa la superficie del concreto con la llana metálica. Posteriormente, se procede a realizar el micro-texturizado con el cepillo cuando se pierda el brillo de las placas lo que indica el punto de dureza ideal para el cepillado, y se aplica el antisol para el curado de las placas, luego se deben cortar las placas en las juntas transversales a $1/3$ del espesor de la placa seis u ocho horas después de fundida cada placa. Se procede a tomar muestras de concreto con vigas para el control de calidad del mismo y luego se deben quitar las formaletas 12 horas después, y aplicar el sello de juntas y dar en servicio a los 28 días del curado.

3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

- **Concreto.** El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a

los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire. (Montalvo, 2016)

- **Proceso de producción de concreto.** El proceso de producción del concreto se realiza con materias primas utilizadas en la elaboración del concreto: cemento, agua, grava, arena y aditivos. El concreto premezclado es dosificado según los requisitos de la obra. Los materiales normalmente son cargados a los camiones de dosificación y mezclados por el tiempo y a la velocidad requerida en la obra. El tambor del camión continúa girando para agitar el concreto al tiempo que se lleva para ser entregado en el sitio. (Weely, s.f.)
- **Cemento Portland.** El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea solo en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5Kg. Y un pie cúbico de capacidad (Ver fig. 19). En aquellos casos que no se conozca el valor real se considera para el cemento un peso específico de 3.15. (Montalvo, 2016)
- **El agua en el concreto.** El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. Cuando la mezcla no es manejable y se incrementa la

cantidad de agua, se pierden propiedades importantes del concreto. • No debe presentar espuma cuando se agita. • No debe utilizarse en otra cosa antes de su empleo en la construcción. • El agua de mar no es apropiada para la preparación del concreto debido a que las sales que contiene pueden corroer el fierro.

(Montalvo, 2016)

- **Agregados.** Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta. (Montalvo, 2016)
- **Aditivos.** Los aditivos son materiales distintos del agua, del agregado o elementos del cemento que son utilizados como componente del concreto, estos son añadidos antes o durante el mezclado, generalmente son líquidos y se combinan con el agua de mezcla tienen como finalidad modificar una o varias propiedades del concreto. No necesariamente son productos químicos, materiales naturales o artificiales que modifiquen el proceso del fraguado del concreto con el propósito de mejorar la calidad del concreto. Podemos clasificar a los aditivos en dos grupos, los aditivos naturales y los aditivos artificiales. (Montalvo, 2016)
- **Mezcladora de Cemento.** Una mezcladora de hormigón es una de las piezas esenciales del equipo para cualquier empresa de construcción o de la persona que está buscando completar un trabajo sobre el terreno sin muchos problemas. Un poco de conocimiento acerca de los tipos de mezcladoras de cemento y la forma en que operan puede hacer el proceso de selección para una mesa de mezclas

mucho más fácil. Su principal función es la de tener el cemento y mezclarlo con arena y agua, a fin de formar el concreto. Es importante señalar que la mezcladora no sólo combina estas cosas para hacer el concreto, si no también lo hace de forma homogénea. En concreto, esta construcción permite a la gente hacer su trabajo mucho más fácil y sin ninguno de los problemas usuales asociados con el hormigón. (UMACON, 2014)

- **Productividad.** La productividad se puede definir como la relación entre cantidad producida por la cantidad de recursos gastados. En la industria la productividad es de gran utilidad para valorar el rendimiento de los trabajadores, las máquinas usadas, los equipos de trabajo y los trabajadores. (Brenes, 2014)
- **Mano de obra.** Se puede definir como mano de obra al esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante un proceso para elaborar, reparar, mantener un bien o brindar un servicio. Cabe resaltar que la mano de obra puede clasificarse como directa o indirecta. Se dice que la mano de obra es directa cuando influye directamente en la fabricación del producto terminado. Se trata de un trabajo que puede asociarse fácilmente al bien en cuestión; la mano de obra se considera indirecta, en cambio, cuando se reserva a áreas administrativas, logísticas o comerciales. No se asigna, por lo tanto, a la fabricación del producto de manera directa ni tiene gran relevancia en el precio de éste. (Flores y Ramos, 2018)

CAPITULO IV

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA INVESTIGADA

4.1. CONTEXTO DE LA OBRA.

La localización de la obra investigada, se encuentra en la capital del distrito de Cajay de la provincia de Huari departamento de Ancash, específicamente en la Av. Pedro Aguirre, Pj. Queru Cutaj y la Av. Circunvalación Alta en el tramo 0+300 – 0+440 de la localidad de Cajay.

El distrito de Cajay es uno de los dieciséis (16) que integran la provincia de Huari ubicada en el Departamento de Ancash. El distrito fue creado el 13 de enero de 1961 mediante Ley dada en el segundo gobierno del presidente Manuel Prado Ugarteche. Su superficie abarca 166,00 km² Su población está compuesta por 2,638 habitantes. La principal actividad es la agricultura ya que el 49% se dedica a esta actividad y el 12% a los servicios, otro dato importante es que el 9% son asalariados es decir dependientes tanto del poder ejecutivo y legislativo, profesores, técnicos del nivel medio, jefes y empleados de oficina.

La localidad de Cajay solo contaba con un 50% de calles pavimentadas por lo cual la Municipalidad Distrital elaboro su expediente técnico y encargo su ejecución a una empresa constructora, ampliando así la infraestructura urbana de la localidad con una extensión de 00+650 metros lineales de calles pavimentadas, el mismo proyecto contemplaba también cambios de tuberías del sistema de agua potable y desague.

Paralelo a esta obra se ejecutaban otras avenidas en la misma localidad una por administración directa y otra por contrato, además a estas fechas se produjo una implosión de obras en toda la provincia de Huari, producto de ello fue limitada la mano de obra, equipos y encarecimientos de materiales (agregados).

El investigador vio factible realizar una investigación en este contexto al observar que usaron tres equipos distintos para la producción del concreto y dejaron incógnitas al ejecutor sobre la productividad de cada uno de ellos, a la cual deseamos aportar con esta investigación.

4.1.1. Presupuesto para la ejecución de la obra.

La obra fue presupuesto por S/. 1,313,130.59 (un millón trescientos trece mil cientos treinta con 59/100 soles).

4.1.2. Plazo de ejecución de obra:

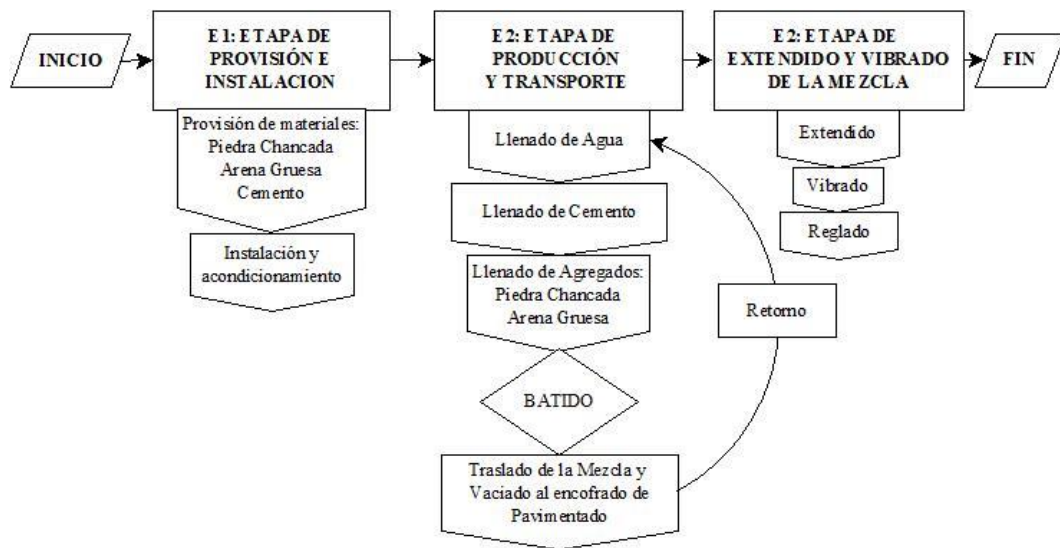
El plazo contractual de la obra, estuvo programado por 150 días calendarios.

4.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.

Se plantea el siguiente diagrama que representa el proceso de producción de concreto en obra investigada Figura 2, se optó por agruparlo en etapas y cada una de estas con una serie de actividades secuenciales, con la finalidad de tener una metodología entendible y aplicable para el trabajo de investigación.

Figura 2.

Proceso de Producción del Concreto en Obra.



4.2.1. Descripción de las Etapas de producción

- **E1: Etapa de provisión e instalación.** –

⇒ Provisión de materiales. – Es la actividad de entrada de materiales a la obra del cual se menciona que la piedra chancada y la arena gruesa se trasladaron de las canteras, hacia los puntos de acopio. El cemento portland, se depositó en el almacén general de obra o puntos dispuestos para su conservación, teniendo en cuenta la cercanía a los puntos de la preparación de la mezcla; Recalamos que esta actividad solo es mencionada, la productividad de esta partida le corresponde al proceso de fletes, del cual no es objetivo de la presente investigación.

⇒ Instalación y acondicionamiento. – Esta actividad consiste en transportar el equipo e instalar (en caso de ser la mezcladora trompo o tolva), Cilindros, Mangueras y herramientas necesarias del almacén a los puntos de preparación de la mezcla; así mismo se estimó el llenado de los cilindros con agua y

acondicionamiento del trayecto del vaciado entre otros preparativos necesarios.

- **E2: Etapa de producción y transporte**

Esta etapa planteada, reúne la ejecución de una serie de actividades secuenciales una vez los equipos/maquinaria, cuadrillas y materiales estén prestos; se vierte a la cuba de la mezcladora el agua, cemento y los agregados (Piedra Chancada y Arena Gruesa) todos estos materiales en una estricta dosificación, mientras se encuentra en constante batido hasta obtener una pasta uniforme, culmina esta etapa cuando se trasladada y evacúa la mezcla al encofrado de pavimento.

Esta etapa es de suma importancia para la investigación es aquí donde se encuentra, en la obra investigada tres mezcladoras (Trompo, Tolva y Hormigonera) cada una con distintas cuadrillas y ritmos diferentes de producción.

En esta etapa es cuando al constructor le genera dudas sobre la productividad con cada uno de ellos, el cual esta investigación se encarga de responder.

- **(E3) Etapa de extendido y vibrado de la mezcla**

Esta etapa se reúne las actividades de recepción de la mezcla de concreto y la distribuyan uniformemente (con ayuda de una lampa y badilejo), realicen el vibrado adecuado y finalmente con una regla de madera o metálica dan el acabado físico del paño, con dimensiones finales de 2.5m. x 3.0m. x 0.20m (superficies del encofrado).

La investigación culmina con esta etapa; ya no analiza las siguientes partidas de “frotachado de losas” y “curado de concreto” por qué se realizaron de manera convencional y no responden a los objetivos de la investigación.

4.2.2. Secuencia de las etapas de producción

Las etapas E1 y E2 son lineales pero la Etapa E2 y la Etapa E3 son cuadrillas que trabajan en paralelo. Para mayor comprensión ver la Figura 3.

Figura 3

Secuencia de las Etapas de Producción.



4.3. EQUIPOS/MAQUINARIA USADOS

A continuación, describimos los equipos y maquinaria usados para la producción de concreto en la obra investigada. Como se mencionó en la etapa E2, en la obra investigada se utilizaron dos equipos (mezcladora trompo y tolva) y una maquinaria (mezcladora autohormigonera) claro esta cada una con sus propias cuadrillas (grupos independientes).

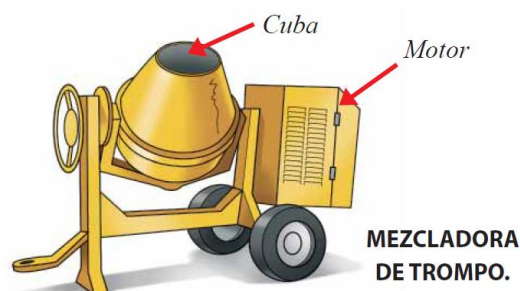
Estas mezcladoras tienen la función de mezclar el cemento, la arena, la piedra y el agua hasta convertirlas en una pasta (mezcla de concreto uniforme y homogénea) teniendo las mismas proporciones dentro de la mezcla, lo que, junto a otros factores bien controlados, garantiza su resistencia (Orihuela P, Orihuela J, Lazo, Ulloa & die, 2010).

4.3.1. Mezcladora trompo

Equipo convencional que es frecuente encontrar en toda obra de construcción, las partes del equipo se muestran en la **Figura 4** los materiales ingresan a la mezcladora de trompo levantándolos a la altura de la boca de entrada (Cuba).

Figura 4.

Mezcladora de Trompo



(Tomada y modificada de Orihuela P, Orihuela J, Lazo, Ulloa & die, 2010)

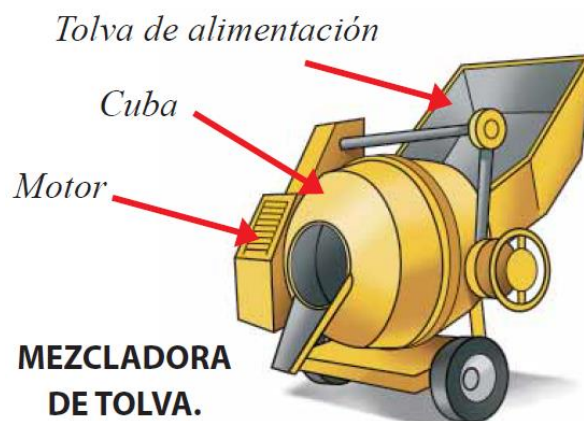
La mezcladora trompo que se usó en obra es de la marca DYNAMIC, de 9p3 con una potencia de 9.0HP. Para su operación requería de un 01 maquinista y 08 peones.

4.3.2. Mezcladora tolva

La mezcladora tolva se presenta en la Figura 5 como se puede observar este cuenta con una tolva de alimentación el cual permite alimentar el cemento, así como también la piedra y la arena gruesa con la ayuda de buggies, todo esto mientras la cuba va realizando el batido y despacha la mezcla, disminuyendo así tiempos de espera.

Figura 5.

Mezcladora de Tolva.



(Tomada y modificada de Orihuela P, Orihuela J, Lazo, Ulloa&die, 2010)

La mezcladora tolva que se usó en obra es de la marca DYNAMIC, de 12p3 con una potencia de 23.5HP; para toda su operación requería de un 01 maquinista y 08 peones en la mayoría de los días y en casos donde las distancias a trasladar la mezcla eran considerables empleaban 09 peones.

4.3.3. Mezcladora autohormigonera

La autohormigonera, es una máquina que se muestra en la Figura 6, tiene la ventaja en comparación de las anteriores, que se auto carga los materiales (a excepción del cemento que requiere de dos peones), la mezcla lo traslada y la descarga, disminuyendo así drásticamente la cuadrilla de mano de obra.

Figura 6.

Mezcladora autohormigonera



(Tomada de los manuales de Unimaq)

La mezcladora autohormigonera que se usó en obra es de la marca y serie CARMIX 3.5TT, con una capacidad de 4850 litros, producción real hormigón 3,5 m³ por amasada; para toda su operación requería de un 01 maquinista y 02 peones.

4.4. CALENDARIO DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

Los trabajos se iniciaron con la mezcladora trompo luego con la mezcladora autohormigonera, no completo el trabajo esta máquina, por ser alquilada y únicamente disponible los 25 días del mes de agosto, el contratista no consiguió ampliar el contrato por la apretada agenda al tener copado su alquiler a otras empresas constructoras, el incremento de números de obras en toda la provincia de Huari por esos meses, limitaron los recursos de maquinarias, manos de obra y encarecieron los materiales (agregados); en la zona no existía otras autohormigonera

siendo esta la única y cercana a la ubicación de la obra, se pudo trasladar de la ciudad de Huaraz pero la pequeña magnitud de la obra no le permitía cubrir al contratista los gastos de flete. Por la circunstancia expuesta, los profesionales de la obra, continuaron la producción de concreto mediante la mezcladora tolva y trompo. De acuerdo al siguiente calendario mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2

Calendario de Producción.

2018	Mezc. Trompo	Mezc. Auto-hormigonera	Mezc. Tolva	2018	Mezc. Trompo	Mezc. Auto-hormigonera	Mezc. Tolva
domingo 22/07				domingo 19/08			
lunes 23/07	Trabajo			lunes 20/08		Trabajo	
martes 24/07	Trabajo			martes 21/08		Trabajo	
miércoles 25/07	Trabajo			miércoles 22/08		Trabajo	
jueves 26/07	Trabajo			jueves 23/08		Trabajo	
viernes 27/07	Trabajo			viernes 24/08		Trabajo	
sábado 28/07				sábado 25/08		Trabajo	
domingo 29/07				domingo 26/08			
lunes 30/07	Trabajo			lunes 27/08			Trabajo
martes 31/07	Trabajo			martes 28/08			Trabajo
miércoles 01/08	Trabajo			miércoles 29/08			Trabajo
jueves 02/08	Trabajo	Trabajo		jueves 30/08			Trabajo
viernes 03/08	Trabajo	Trabajo		viernes 31/08			
sábado 04/08		Trabajo		sábado 01/09			
domingo 05/08				domingo 02/09			
lunes 06/08		Trabajo		lunes 03/09			Trabajo
martes 07/08		Trabajo		martes 04/09			Trabajo
miércoles 08/08		Trabajo		miércoles 05/09			Trabajo
jueves 09/08		Trabajo		jueves 06/09			Trabajo
viernes 10/08		Trabajo		viernes 07/09			Trabajo
sábado 11/08				sábado 08/09			
domingo 12/08				domingo 09/09			
lunes 13/08		Trabajo		lunes 10/09			Trabajo
martes 14/08		Trabajo		martes 11/09			Trabajo
miércoles 15/08		Trabajo		miércoles 12/09			Trabajo
jueves 16/08		Trabajo		jueves 13/09	Trabajo		
viernes 17/08		Trabajo		viernes 14/09	Trabajo		
sábado 18/08		Trabajo		sábado 15/09			

4.5. FORMATOS DE LA INVESTIGACIÓN

La toma de datos de la investigación se realizó mediante seis formatos las mismas que fueron automatizados en una hoja de cálculo, estas fichas de campo se realizaron todos los días de producción. en cada cuadrilla se emplearon dos formatos tal como se muestra a continuación:

- F1, F2 En la cuadrilla mezcladora Trompo.
- F3, F4 En la cuadrilla mezcladora Tolva.

- F5, F6 En la cuadrilla mezcladora autohormigonera.

Los formatos F1, F3 y F4 cumplen la misma función, de realizar el análisis de productividad diaria de costos de producción del proceso de producción de concreto en las cuadrillas trompo, tolva y autohormigonera respectivamente.

Los formatos F2, F4 y F6 cumplen la función de obtener resultados de la prueba de cinco minutos del proceso de producción mediante mezcladora trompo para estimar tiempos de producción y desperdicio.

4.5.1. Formatos F1, F3 y F5

Estos formatos se emplearon para sacar conclusiones del primer punto de vista de la productividad el cual tiene que ver con la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo, dicho por otro autor la evaluación desde tres aspectos (1) Productividad de los materiales, (2) Productividad de la mano de obra y (3) Productividad de la maquinaria.

$$\text{Productividad 1} = \text{Productividad de materiales} + \text{Productividad de mano de obra} + \text{Productividad de maquinaria}$$

Sin embargo, la dificultad fue unir estos tres aspectos. Por lo que obligo a la investigación en analizar en base a algo común en otras palabras, en una sola dimensión por lo que se ha visto por conveniente emplear los costos de producción, así podríamos llevar toda la productividad en función a costos de materiales a costos de mano de obra y finalmente costos de maquinaria; precisamente podríamos estar analizando una productividad ya enlazado los tres aspectos.

$$\text{Productividad 1} = \frac{\text{Materiales presupuestado}}{\text{Materiales usados}} + \frac{\text{Mano de obra presupuestado}}{\text{Mano de obra usado}} + \frac{\text{Maquinaria presupuestada}}{\text{Maquinaria usada}}$$

Por tales circunstancias nacieron estos tres formatos, sin dejar de mencionar que fue

una guía importante para elaborarlos el formato de la investigación de Arce Francia, 2018. Del cual se tomó y se realizó algunas modificaciones para los propósitos de esta investigación.

La totalidad de estos formatos se encuentran en la sección de los anexos por cada cuadrilla investigada y solo mostramos en la Figura 7 para exponer la forma de llenado.

Lleva por títulos: “formato de análisis de productividad diaria de costos de producción del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla (dependiendo del caso). El objetivo de esta herramienta de investigación es la obtención de la relación entre el resultado logrado del día (producción lograda - salida) entre los recursos empleados (entrada) para la producción del día. A continuación, se detalla los datos de campo que requería este formato.

- Se inició anotando en campo la fecha de la toma de datos.
- Para el acápite (I) reporte general del día, se anotaba:
 - ⇒ Durante el día se anotaba, los intervalos de tiempos inicio y final que les tomaba cada etapa del proceso.
 - ⇒ Al final del día, la producción total del concreto (en cantidad de paños y metros cúbicos).
- Para el acápite (II) recursos empleados para la producción:
 - ⇒ Al inicio de cada etapa se realizaba un conteo rápido de la cantidad de la mano de obra de la cuadrilla (operario, oficial, maquinista y perones) para ser anotaba.
 - ⇒ Así mismo la cantidad total de equipos (mezcladora trompo y vibradora de concreto) aunque ya se daba por hecho que era uno de cada uno por reporte del almacén.

Con los datos anteriores, el tratamiento de información estaba automatizado en el mismo formato, en una hoja de cálculo realizado en software Excel ver la Figura 7.

Figura 7

Referencia de los Formatos F1, F3 y F5.

F1:	FORMATO DE ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DIARIA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO MEDIANTE LA CUADRILLA MEZCLADORA TROMPO					
FECHA : 23/07/2018						
I: REPORTE GENERAL DEL DÍA						
Producción de concreto :		2.00 Paños =		3 m3		
Tiempo de producción:	mañana.	11:30:00	a	11:50:00	=	00:20:00 <> 0.33 horas
	tarde	13:10:00	a	14:35:00	=	01:25:00 <> 1.42 horas
total de horas trabajadas						01:45:00 <> 1.75 horas
Horas laboradas de E1:		11:30:00	a	11:50:00	=	00:20:00 <> 0.33
Horas laboradas de E2:		00:00:00	a	00:00:00	=	00:00:00 <> 0.00
		13:10:00	a	14:25:00	=	01:15:00 <> 1.25
Horas laboradas de E3:		00:00:00	a	00:00:00	=	00:00:00 <> 0.00
(60% del tiempo)		13:10:00	a	14:35:00	=	01:25:00 <> 0.85
II: ENTRADA - RECURSOS EMPLEADOS PARA LA PRODUCCIÓN						
Mano de Obra	Unid	Cant.	Horas Trabajadas	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)	
Operario	hh	1	0.33	13.50	4.50	
E1 Maquinista	hh	1	0.33	10.50	3.50	
Peones	hh	3	0.33	9.00	9.00	
E2 Maquinista	hh	1	1.25	10.50	13.13	
Peones	hh	8	1.25	9.00	90.00	
E3 Operario	hh	1	0.85	13.50	11.48	
Oficial	hh	1	0.85	10.50	8.93	
Costo por Mano de Obra :					140.53	
Equipo	Unid	Cant.	Horas Trabajadas	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)	
Mezcladora Trompo	dia	1	1.25	75.00	75.00	
Vibrador de concreto	dia	1	1.25	51.25	51.25	
Herramientas manuales	%mo	3%		140.53	4.22	
Costo de Equipos :					130.47	
Materiales	Unid	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)		
Piedra chancada.	m3	1.92	150.85	289.63		
Arena gruesa.	m3	1.83	114.41	209.37		
Agua.	m3	0.45	1.00	0.45		
Cemento.	bol	27.93	23.56	658.03		
Costo de Materiales :					1,157.48	
Recurso empleado para la producción (S/.):					1,428.47 Soles.	
III : SALIDA O RESULTADO LOGRADO (LÍNEA BASE -EXPEDIENTE TÉCNICO)						
Por partida contractual.	Unid	Metrado del día	Precio Unitario (S/.)	Producción del día (S/.)		
Concreto f'c=210kg/cm2 para pavimento	m3	3.00	427.44	1,282.32 Soles.		
IV : PRODUCTIVIDAD DIARIA EN FUNCIÓN A COSTOS DE PRODUCCIÓN						
Productividad =		$\frac{1,282.32 \text{ soles.}}{1,428.47 \text{ soles.}}$		= 89.77%		

- En el acápite (I) reporte general del día:
 - ⇒ Calcula el m^3 de concreto de vaciado en el día, al multiplicar la cantidad de paños (tomado de campo) por las dimensiones del encofrado de 2.50m X 3.00m X 0.20 m; verificando así la fiabilidad del apunte de campo (lo anotado en m^3).
 - ⇒ Calcula la cantidad de horas en cada etapa, al restar las horas de inicio y culminación de la tarea, así mismo en la siguiente celda lo transforma al sistema centesimal para las operaciones.
- En el acápite (II) entrada - recursos empleados para la producción, tuvo por objetivo obtener el total de recursos empleados para la producción del día en soles, al sumar los recursos de la mano de obra, equipos y materiales, se obtuvieron estos de la siguiente manera.
 - ⇒ El recurso de la mano de obra se obtuvo en las tres etapas con el producto de la cantidad de personal de la cuadrilla por la cantidad de horas de trabajo (tomados en campo) y los precios unitarios del expediente técnico.
 - ⇒ Sobre los recursos de equipos se obtuvo con el producto de la cantidad de equipos por las horas trabajadas en la etapa E2 (tomados en campo) y por el precio unitario del expediente técnico. Y sobre las herramientas manuales el cual su valor acostumbrado esta entre el 3% y 5% del valor de la Mano de Obra, para la presente investigación se tomó como valor el 3% respetando la referencia del expediente técnico.
 - ⇒ El recurso de materiales usados en el día, se calculó con el producto de la cantidad de materiales (quien se obtiene al multiplicar el metro cubico de la mezcla por el aporte unitario volumétrico del diseño de mezcla) por el precio unitario del expediente técnico.

⇒ Finalmente se programó para que sume la mano de obra, equipos y materiales obteniendo así el **“Recurso empleado para la producción (S/):”**

- En el acápite (III) salida o resultado logrado (línea base - expediente técnico): se halló la salida o resultados multiplicando el metrado de vaciado de concreto del día (tomado en campo) con el precio unitario de la partida del expediente técnico “Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para pavimento” obteniéndose así la **“Producción del día (S/).”**
- En el acápite (IV) productividad, este acápite calculó el objetivo principal en hallar la **productividad del día en función de costos de producción**, quien viene hacer el porcentaje entre los resultados finales del acápite III **“Producción del día (S/).”** y el resultado final del acápite II **“Recurso empleado para la producción (S/).”**

El resultado de la relación de Productividad diaria en función a costos de producción, puede tener valores mayores, iguales o menores al 100%, lo cual indica que los costos de los recursos reales que se usaron para realizar la producción del concreto para el pavimento urbano, pueden ser menores, iguales o mayores a lo proyectado (Expediente Técnico). Con este resultado podremos tener la referencia de cómo influye el proceso de producción de concreto en la cuadrilla estudiada.

4.5.2. Formatos F2, F4 y F6

Estos formatos (Figura 8) se realizaron para ver el segundo aspecto de la productividad cual se refiere al tiempo como un buen denominador, con esta lógica que cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema, para tal cogeremos la fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

En esta investigación la calidad lo consideramos al valor de uno (1) debido al cumplimiento estándar de las especificaciones técnicas, los cuales fueron aprobados por los ingenieros responsables de la obra (Residente y Supervisor) para aprovechar los constituyentes de la Eficiencia los cuales son:

$$\text{Productividad 2} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible.}}$$

Figura 8

Referencia de los Formatos F2, F4 y F6.

F2:	FORMATO DE PRUEBA DE CINCO MINUTOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN MEDIANTE MEZCLADORA TROMPO PARA ESTIMAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y DESPERDICIO												
FECHA: 23/07/2018													
I) PRUEBA DE CINCO MINUTOS DE LAS DISTINTAS ETAPAS													
ETAPA 1: INSTALACIÓN DEL EQUIPO Y ACONDICIONAMIENTO													
Cuadrilla: 5 Hombres Horas laboradas de E1: 11:30:00 a 11:50:00 = 00:20:00													
Horas Hombre empleado: 1:40:00 <> 1.67 hh.													
lunes 23/07	TP TC TNC			TC				TNC		OBSERVACIONES			
Cuadrilla	TP	TC	TNC	Te	Tg	Me	Ac	D	O				
Operario	00:00	15:29	04:10	08:15	00:00	07:14	00:00	04:10	00:00	Trasladaron todos los equipo desde el almacen, combustible, cilindros y otros			
Maquinista tolva	00:00	15:50	04:10	08:15	00:00	07:35	00:00	04:10	00:00				
Peón 1	00:00	08:15	07:14	08:15	00:00	00:00	00:00	04:10	03:04				
Continua..													
% de la prueba de 5min.	38.9%	45.7%	15.5%										
ETAPA 2: PRODUCCIÓN Y TRASPORTE DEL CONCRETO													
Cuadrilla: 9 Hombres Horas laboradas de E2: mañana. 00:00:00 a 00:00:00 = 00:00:00 tarde. 13:10:00 a 14:25:00 = 01:15:00													
Horas Hombre empleado: 11:15:00 <> 11.25 hh.													
lunes 23/07	TP TC TNC			TP					TC		TNC		OBSERVA.
Cuadrilla	TP	TC	TNC	Agua	C	Agre	O+B+D	T-V	R	Pre	E	O	
Maquinista: trompo	01:46	00:00	00:39	00:12	00:00	00:00	01:34	00:00	00:00	00:00	00:39	00:00	
Peón 1: Cemento	00:09	00:19	01:56	00:00	00:09	00:00	00:00	00:00	00:00	00:19	01:56	00:00	
Peón 2: Agregado	00:22	00:18	01:45	00:00	00:00	00:22	00:00	00:00	00:00	00:18	01:45	00:00	
Continua...													
% de la prueba de 5min.	24.1%	14.6%	61.3%										
ETAPA 3: EXTENDIDO, VIBRADO Y REGLADO DE LA MEZCLA													
Cuadrilla: 2 Hombres Horas laboradas de E3: 00:00:00 a 00:00:00 = 00:00:00 13:10:00 a 14:35:00 = 01:25:00													
Horas Hombre empleado: 1:50:30 <> 1.841666667 hh.													
lunes 23/07	TP TC TNC			TP			TC		TNC		OBSERVACIÓN		
Cuadrilla	TP	TC	TNC	Vi	Ex	Rgl	I	Pre	E	O			
Operario	18:40	05:23	06:49	06:08	03:15	09:17	03:02	02:21	03:26	03:23			
Oficial	15:14	05:19	10:19	00:00	05:57	09:17	03:01	02:18	10:19	00:00			
% de la prueba de 5min.	54.9%	17.3%	27.8%										
II) ANÁLISIS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y DESPERDICIO DEL DÍA													
	Prueba de 5 minutos			Ponderación	Tiempo de producción y desperdicio								
	TP	TC	TNC	hh	TP	TC	TNC						
E1	38.8517%	45.6724%	15.4759%	1.67	0.648	0.761	0.258						
E2	24.0870%	14.6289%	61.2842%	11.25	2.710	1.646	6.894						
E3	54.9130%	17.3314%	27.7557%	1.84	1.011	0.319	0.511						
Distribución total de tiempos del día:					29.6011%	18.4719%	51.9270%						

Otro objetivo de este formato es el estudio cuantitativo del tiempo de permanencia en obra de los trabajadores, para estimar que tan productiva es la labor de todo el conjunto de las cuadrillas, en las tres etapas de la producción de concreto de la obra investigada.

Fue una guía muy importante para elaborar este formato los trabajos de investigación de Porras, Sánchez, & Galvis, 2014 y de Castillo, 2003.

La totalidad de estos formatos se encuentran en la sección de los anexos por cada cuadrilla investigada y solo mostramos Figura 8 para exponer la forma de llenado.

Lleva por títulos “formato de prueba de cinco minutos del proceso de producción mediante mezcladora trompo para estimar tiempos de producción y desperdicio; la manera de cómo fue llenado y automatizado el formato, se describen a continuación:

- Se inició anotando la fecha de la toma de datos y tiempo de producción en cada etapa de producción la misma que eran contrastados para evitar errores con los formatos anteriormente expuestos.

En el acápite (I) prueba de cinco minutos; El procedimiento consistió en realizar seguimientos a las etapas E1, E2 y E3 en tiempos mayores a cinco minutos tal como recomiendan Porras, Sánchez, & Galvis, (2014); para la presente investigación se tomó en promedio de 15 minutos por cada etapa, a los trabajadores que conforman las cuadrillas y analizar a que se dedicaban en los intervalos de tiempo. Estas tres formas de usar el tiempo (Tiempo productivo TP, Tiempo contributivo TC y Tiempo no contributivo TNC) el cual fue explicado ampliamente en la teoría de la medición del tiempo o estudios de tiempo y para el presente trabajo de investigación se distribuyeron las actividades como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3*Códigos del TP, TC y TNC en Cada Etapa de Estudio.*

Etapa	Tiempo	Actividades	Código
Etapa 1: Instalación del equipo y acondicionamiento	TP		
	TC	Traslado de equipo. Traslado de gasolina.	Te Tg
		Montaje de equipo. Acondicionamiento	Me Ac
TNC	Descanso. Otros.	D O	
Etapa 2: Producción y transporte del concreto. Son las actividades secuenciales que se realizan para la producción de la mezcla en el TP encontramos el llenado de agua seguido por el cemento y mezcla así mismo se observó relevante el tiempo de operación batido y despacho que realiza la mezcladora en estudio.	TP	Agua. Cemento. Agregados	Agua C Agre.
		Operación + Batido + Despacho	O+B+D.
		Traslado y vaciado	T-V
	TC	Retorno. Preparativo.	R Pre
	TNC	Esperas. Otros.	E O
Etapa 3: Extendido, vibrado y reglado de la mezcla.	TP	Vibrado. Extendido. Reglado	Vi Ex Rgl
	TC	Indicación. Preparativo	I Pre
	TNC	Esperas. Otros.	E O

⇒ Etapa 1 instalación del equipo y acondicionamiento. - se estudió a la cuadrilla cuando transportaba la mezcladora tolva del alancen a los puntos de preparación de la mezcla instalaba los Cilindros, Mangueras y otros. Las actividades que le corresponde se muestra en la fila de E1 de la

⇒ Tabla 3 cada uno con su afinidad al TP, TC y TNC.

- ⇒ Etapa 2 Producción y transporte del concreto. - Se realizó el seguimiento a la cuadrilla en las actividades secuenciales de llenado de materiales (agua, Cemento y los agregados) a la cuba de la mezcladora en estudio y el batido hasta obtener una pasta uniforme, culminó esta etapa cuando se trasladó y evacuó la pasta al encofrado de pavimento. Las actividades que le corresponde se muestra en la fila de E2 de la tabla 3 cada uno con su afinidad al TP, TC y TNC.
- ⇒ Etapa 3 Extendido, vibrado y reglado. - se estudió a la cuadrilla que realizó las actividades de recepción de la pasta de concreto, la distribuían uniformemente (con ayuda de una lampa o badilejo), y realizaban el vibrado adecuado y finalmente con una regla de madera o metálica le daban el acabado físico del paño, con dimensiones finales de 2.5m. x 3.0m. x 0.20m (superficies del encofrado). Las actividades que le corresponde se muestra en la fila de E3 de la tabla 3 cada uno con su afinidad al TP, TC y TNC.
- En el acápite (II) análisis de tiempos de producción y desperdicio del día; la hoja automatiza y reúne los porcentajes de los tiempos de producción obtenidos en cada etapa sin embargo para obtener un promedio de ellos se multiplica por un factor de ponderación que viene hacer el tiempo total empleado por cada etapa obteniendo así el tiempo de producción y desperdicio, se realiza un promedio aritmético obteniendo así el resultado final para conocer qué tan productiva es la labor de todo el conjunto de la cuadrilla en estudio. Este resultado nos servirá para realizar comparaciones con estudios previos y entre las cuadrillas en estudio.

Referente a la obtención de la eficiencia se realiza en la sección de evaluación y discusión de resultados del capítulo V donde se obtendrán valores menores o

mayores al 100% el cual significara menores o mayores eficiencias a lo proyectado en el expediente técnico.

4.6. REVISIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO.

Para elaborar costos y presupuesto de una obra, el material bibliográfico de mayor relevancia es de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) en su publicación "costos y presupuestos en edificación" quien fue realizada por el Ing. Jesús Ramos Salazar. Es lamentable no encontrar sus publicaciones de presupuestos de obras viales y de movimientos de tierras y pavimentaciones. Pero es necesario revisar este material por ser una guía general que los consultores usan, aclarando que solo debe servir de referencia mas no ser plasmado en un expediente técnico de pavimentos. Encontramos los siguientes datos de relevancia.

- ⇒ En la página 132 encontramos una partida denominada "Viga de cimentación de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ", se podría asemejar a la partida del expediente técnico "Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para pavimento" por tener un encofrado en el suelo, materiales similares y la resistencia del concreto en producción; presenta un rendimiento $20 \text{ m}^3/\text{día}$ con una cuadrilla de 0,2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones, con una mezcladora de 9 - 11p3 y para producir un metro cubico de concreto propone 5.70 hh. Sin considerar al capataz.
- ⇒ En la página 134 presenta la partida denominada "Losas de cimentación de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ", podría ser asemejada a la partida en estudio por realizar un vaciado masivo, materiales con la resistencia del concreto en producción, contempla un rendimiento $22 \text{ m}^3/\text{día}$ con una cuadrilla de 0,1 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones con una mezcladora de 9 - 11p3 y para producir un metro cubico de concreta propone 5.18 hh quitando al capataz.

Una bibliográfica especializada es de Walter Ibañez, 2010 con su publicación de “Costos y Tiempos en Carreteras”, revisando encontramos que el capítulo de pavimentos solo detalla costos de trabajos en asfaltos, pero en el rubro de obras de arte página 176 presenta la partida denominada “Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ ” señalando que para producir un concreto de tal resistencia entre las alturas de 2300 a 3800 msnm. (Condiciones de la obra investigada) presentan rendimientos de $16\text{ m}^3/\text{día}$ con una cuadrilla de 1 capataz + 3 operarios + 3 oficiales + 6 peones usando una mezcladora de 11p3; y para producir un metro cubico de concreto propone 6 hh sin considerar al capataz.

En la obra investigada la partida de “Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para pavimento” materia de investigación, contempla un rendimiento de $22\text{ m}^3/\text{día}$ con una cuadrilla de 1 operario + 1 oficial + 1 operador de equipo liviano + 10 peones con una mezcladora de 11p3; y para producir un metro cubico de concreto propone 4.7272 hh.

Por la diversidad de datos es necesario citar experiencias de otros consultores del país, para ello se ha hecho filtrados en la bandeja de OSCE y se escogio al azar tres obras de pavimento urbano que a continuación presentamos.

⇒ En el proyecto “Mejoramiento de los servicios de transitabilidad vehicular y peatonal en la capital del centro poblado de Manitea Alta, distrito de Kimbiri – La Convención Cusco” en la sección del presupuesto: Adecuada calzada para tránsito vehicular /pavimento rígido/obras de concreto/pavimento rígido. Encontramos la partida denominada “Losa de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$, $E=0.20\text{ m}$ en calzada” con un rendimiento de $96\text{ m}^2/\text{día}$ empleando una cuadrilla de 2 operario + 2 oficial + 8 peones usando la mezcladora de 11p3; y para producir un metro cuadrado de concreto plantea 1.0001 hh.; estos

valores transformados para realizar comparaciones proyectan rendimientos de 19.2 m³/día y 5.0005 hh. Para producir un metro cubico de concreto.

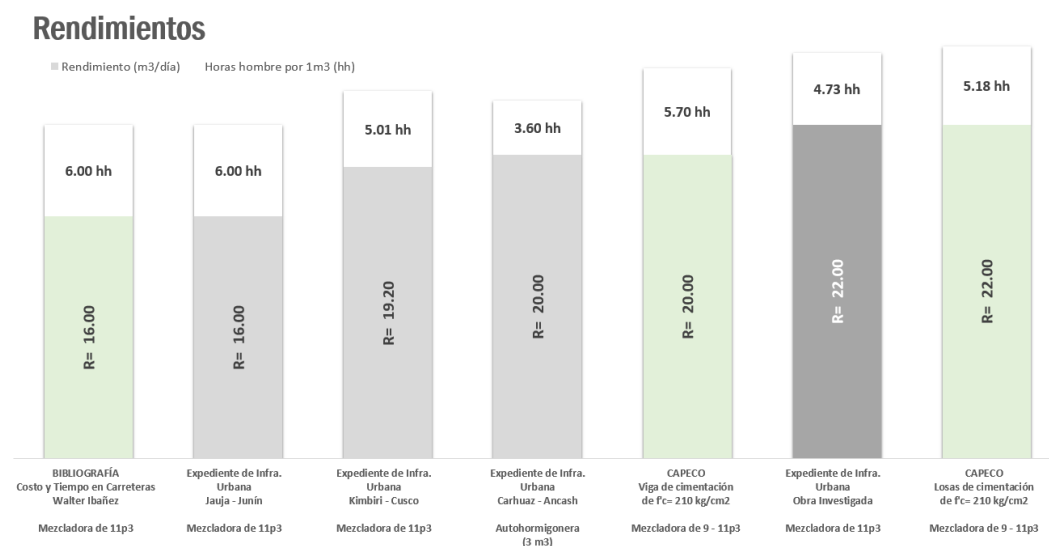
- ⇒ En el proyecto “Mejoramiento de Pistas, Veredas en la av. Héroes de la Breña en la Localidad de Jauja – Junin” en la partida genérica denominado pavimento rígido presenta la partida específica “concreto en pavimento f’c = 210 kg/cm²” donde considera un rendimiento de 16 m³/día con la cuadrilla de 1 capataz + 3 operarios + 3 oficiales + 6 peones usando la mezcladora de 11p³ y 6 hh (sin capataz) para producir un metro cubico de concreto.
- ⇒ En el proyecto “Construcción de Pavimento y Vereda; en el (la) av. Ecash, Jr. 8 de Mayo, av. Huascarán, jr. 10 de Junio y jr. Fuerza Popular del barrio las Flores, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, departamento Ancash” en la partida genérica denominado pavimentos presenta la partida específica “concreto f’c = 210 kg/cm² en pavimento” donde considera un rendimiento de 20 m³/día usando la mezcladora autohormigonera de 3 m³ con la cuadrilla de 2 operarios + 2 oficiales + 5 peones y para producir un metro cubico de concreto plantea 3.6 hh.

Resumiendo, los datos de interés para la investigación elaboramos la Figura 9 en base a los rendimientos y las horas hombre para elaborar un metro cubico de concreto. Notaremos que los expedientes técnicos tienen respaldos bibliográficos y experiencias adquiridas por el consultor de quien lo elabora; la obra investigada se respalda al rendimiento de CAPECO, el expediente de Jauja-Junín se respalda en la bibliografía de mayor especialización. Es evidente la brecha de rendimiento entre estas bibliografías por ende reseñas que se proponen en los estudios definitivos. Variando entre 16 a 22 m³/día con una holgura de 6m³/día, discrepancia relevante

que podría afectar directamente a los costos, accediendo a riesgos contractuales en las obras de pavimento urbano.

Figura 9.

Comparación de Rendimientos



Este trabajo de investigación tiene por objetivo determinar la productividad de la obra investigada que está ligada intrínsecamente a los rendimientos que el consultor propone, por tal estos datos nos servirán para realizar comparaciones en la etapa de evaluación de resultados.

4.7. REVISIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.

Ya en los antecedentes de la investigación se revisó investigaciones realizadas referente a la productividad, en este acápite se pretende reunir un extracto sucinto de todos ellos para luego compararlos mediante gráficas, para luego este material sea utilizada en la evaluación de resultados.

Morales & Galeas, (2006). Realizo en la ciudad de Lima Metropolitana, Con una muestra de 26 obras, concluyeron que el 30.40% del tiempo de las jornadas de trabajo fue dedicado a Trabajos Productivos al que aporta de forma directa a la producción; el 44.20% del tiempo de las jornadas fue dedicado a Trabajos

Contributorios que corresponden el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo (Actividad necesaria, pero que no aporta valor.); el 26% restante del tiempo total a Trabajo No Contributorio representan trabajos que no genera valor y no contribuye a otra actividad, por lo tanto, se considera como actividad de pérdida. Como también desarrollada por Flores Salizar Torre y por Bonelli Carrasco (2000), bajo la supervisión del Ingeniero Virgilio Ghio Castillo, quienes para esa fecha concluyeron que los Trabajos Productivos alcanzaban un 27.90%; Los Trabajos Contributorios un 36.30% y el Trabajo No Contributorio en un 35.90%.

Castillo (2003). Estudio la Productividad en la Construcción de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNASAM, donde concluyo que los Trabajos Productivos alcanzaban un 23%; Los Trabajos Contributorios un 44% y el Trabajo No Contributorio un 33%.

CAPITULO V

5. RESULTADO Y DISCUSIÓN.

En este capítulo despliega los resultados de la investigación, cuales tendrán un análisis estadístico para luego realizar una evaluación y discusión que serán confrontados con antecedentes previamente estudiados en el capítulo anterior y finalmente se realizara una comparación entre las tres cuadrillas de producción de concreto dejando claro los pro y contras; esperando así que pueda servir como referencia a los contratistas que tengan la oportunidad de ejecutar pavimentos urbanos.

Recordemos que para esta investigación la productividad será abordado desde dos puntos de vista (1) productividad en función a costos de producción y (2) productividad en función a tiempos de producción.

$$\text{Productividad 1} = \frac{\text{Materiales presupuestado}}{\text{Materiales usados}} + \frac{\text{Mano de obra presupuestado}}{\text{Mano de obra usado}} + \frac{\text{Maquinaria presupuestada}}{\text{Maquinaria usada}}$$

$$\text{Productividad 2} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible.}}$$

Iniciamos presentando la Tabla 4 donde se muestran el resumen general de la producción del concreto en número de paños y metros cúbicos y en cuantos días fue producido por cada cuadrilla.

Tabla 4

Producción por Equipos/Maquinaria en la Obra Investigada.

Equipos / Maquinaria	Numero de paños.	m³ de mezcla.	Número de días de trabajo.
Cuadrilla de la mezcladora Trompo.	80	119.55	12
Cuadrilla de la mezcladora Tolva.	117	175.50	12
Cuadrilla de la mezcladora autohormigonera.	272	430.50	20

5.1. RESULTADOS DE LA MEDICIONES REALIZADAS.

Con los formatos que se exponen en el punto 4.5 del capítulo IV, se obtienen los resultados que se presentarán mediante tablas.

Recordemos con los formatos F1, F2 y F3 se recopilaron la información: (1) la cantidad de producción de concreto por día en paños y metros cúbicos de concreto; (2) recurso empleado durante el día (Entrada-E), el resultado logrado en el día (Salida-S) en soles (S/), Los cuales se obtuvieron detalladamente en el ítem II y III respectivamente. Y (3) la finalidad principal es el ítem IV del formato es encontrar la productividad diaria en función a costos de producción, el cual se obtiene por la formula general (Productividad =E/S).

Tal como se expuso anteriormente el resultado de la relación de Productividad diaria en función a costos de producción, puede tener valores mayores, iguales o menores al 100%, lo cual indica que los costos de los recursos reales que se usaron para realizar la producción del concreto para el pavimento urbano, pueden ser menores, iguales o mayores a lo proyectado (Expediente Técnico).

Con los formatos F2, F4 y F6 tiene como objetivo encontrar la productividad en función a tiempos de producción para ello nos ayudamos también con anotaciones de los formatos anteriores y con estos formatos obtenemos tiempos de producción y desperdicio, cuantificando el tiempo de permanencia en obra cada trabajador, en otras palabras, estimamos que tan productiva es la labor de todo el conjunto de las cuadrillas, en las tres etapas de la producción de concreto de la obra investigada (revisar etapas en el capítulo 4.2). Los cuales nos servirán para un mayor análisis y proponer propuestas de mejora.

5.1.1. Resultados de la cuadrilla mezcladora trompo.

Se presentan tablas representativas de las mediciones realizadas en los formatos F1 y F2 donde se exponen los resultados de los doce días que existió este frente; Para luego identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante mezcladora trompo en la productividad de la obra investigada.

La Tabla 5 y la Tabla 7 fueron elaborados con datos recopilados en el formato F1 ítem I reporte general del día.

En la Tabla 5 tiempos de producción de la cuadrilla mezcladora trompo mostramos el tiempo empleado en cada etapa de la producción del concreto (Revisar 4.2.1 – etapas de producción); evidenciando que para producir 119.55 m^3 de concreto se usaron 57 horas con 14 minutos; así mismo la etapa E1 que comprende la actividad de Instalación y acondicionamiento de la mezcladora trompo muestra que requiere de minutos importantes, la etapa E2 que comprende las actividades de transformar los materiales en la mezcla de concreto y trasladar al encofrado lleva la mayor cantidad de horas del día y la etapa E3 que se realiza en paralelo a la E2 consiste en que la mano de obra calificada (operario y oficial) realizan la distribución

uniforme, vibrado y reglado de la mezcla en los encofrados de los paños de pavimento.

Tabla 5

Tiempos de Producción de la Cuadrilla Mezcladora Trompo.

Nº de muestra	Día de producción	Producción (m3)	Tiempo empleado en cada etapa			Tiempo de producción:
			E1	E2	E3	
1	23/07	3.00	00:20:00	01:15:00	00:51:00	01:45:00
2	24/07	12.00	00:17:11	04:45:00	03:09:00	05:33:00
3	25/07	9.00	00:20:02	03:11:00	02:03:36	03:50:00
4	26/07	6.00	00:21:06	01:58:00	01:19:12	02:35:00
5	27/07	12.00	00:18:46	04:45:00	03:12:00	05:40:00
6	30/07	12.00	00:16:34	05:03:00	03:15:00	05:43:00
7	31/07	12.00	00:16:42	05:01:00	03:15:00	05:45:00
8	01/08	12.00	00:15:21	05:29:00	03:33:00	06:15:00
9	02/08	12.00	00:14:10	05:08:00	03:18:00	05:45:00
10	03/08	9.00	00:23:11	04:13:00	02:48:00	05:18:00
11	13/09	9.00	00:12:42	03:41:00	02:24:00	04:15:00
12	14/09	11.55	00:10:09	04:10:00	02:48:00	04:50:00
Total		119.55 m3				57:14:00

Con estos datos podemos inferir por proporcionalidad cuántos metros cúbicos se produce en 8 horas y así obtener el rendimiento real diario de la obra investigada véase la Tabla 6.

Tabla 6

Calculo del Rendimiento Real - Cuadrilla Mezcladora Trompo.

Tiempos de producción	Producción (m3)	
57:14:00	119.55	====> R = 16.71 m3/dia
08:00:00	R	

En la Tabla 7, se muestra la cantidad de personal y las horas hombre usado en cada etapa: (1) para la E1 emplearon de 1 a 5 personas dependiendo de la necesidad; la E2 la cantidad de personal es constante de 9 personales (1 maquinista + 1 cemento + 4 agregados + 3 vaciado) y la E3 emplearon 2 personales (1 Operario + 1 Oficial);

la E2 y la E3 son etapas que se ejecutan en paralelo significa que se requería como 11 personales mínimos por día para la producción del concreto; (2) indicamos también las horas hombre usados en cada etapa, se obtiene al multiplicar la cantidad de horas empleados en el día por la cantidad de personal de cada cuadrilla y sumando todos indicamos que para producir 119.55 m³ de concreto en la obra investigada requiero 513 horas hombre.

Tabla 7

Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas

N° de muestra	Día	Producción (m3)	Cantidad de personal en cada etapa			Horas hombre en cada etapa			Σ Horas Hombre por día
			E1	E2	E3	E1	E2	E3	
1	23/07	3.00	5	9	2	1.67	11.25	1.70	14.62
2	24/07	12.00	4	9	2	1.15	42.75	6.30	50.20
3	25/07	9.00	3	9	2	1.00	28.65	4.12	33.77
4	26/07	6.00	2	9	2	0.70	17.70	2.64	21.04
5	27/07	12.00	3	9	2	0.94	42.75	6.40	50.09
6	30/07	12.00	3	9	2	0.83	45.45	6.50	52.78
7	31/07	12.00	3	9	2	0.84	45.15	6.50	52.49
8	01/08	12.00	4	9	2	1.02	49.35	7.10	57.47
9	02/08	12.00	4	9	2	0.94	46.20	6.60	53.74
10	03/08	9.00	4	9	2	1.55	37.95	5.60	45.10
11	13/09	9.00	3	9	2	0.64	33.15	4.80	38.59
12	14/09	11.55	1	9	2	0.17	37.50	5.60	43.27
Total		119.55 m3							513.15 hh

Con la misma lógica del cálculo del rendimiento real podemos inferir cuántas horas hombre se emplea para producir 1 m³ de concreto obteniéndose así la cantidad de hh para producir 1 m³ de concreto. Véase la Tabla 8.

Tabla 8

Horas Hombre para Producir 1m³ de Concreto

<u>Horas Hombre</u>	<u>Producción (m3)</u>	
513:08:51	----- 119.55	
		==> Cantidad hh = 4.29 hh
<u>Cantidad hh</u>	<u>----- 1.00</u>	

Con la Tabla 9 reportamos que la cantidad máxima de producción de concreto por día fue de 8 paños que contenía 12 m³ de concreto. Del recurso empleado y el resultado logrado de cada día los cuales se obtuvieron detalladamente en el ítem II y III respectivamente de los formatos F1 se obtiene la productividad diaria evidenciado que se tuvo como máximo una productividad de 98.30% y un mínimo de 89.77%.

Tabla 9

Productividad en Costos de Producción - Trompo.

N° de muestra	Día de producción	Paños	Producción (m3)	Entrada Recurso empleado (S/.)	Salida Resultado logrado (S/.)	Resultado Productividad diaria (%)
1	23/07	2.00	3.00	1,428.47	1,282.32	89.77%
2	24/07	8.00	12.00	5,267.58	5,129.28	97.37%
3	25/07	6.00	9.00	3,939.59	3,846.96	97.65%
4	26/07	4.00	6.00	2,651.62	2,564.64	96.72%
5	27/07	8.00	12.00	5,265.60	5,129.28	97.41%
6	30/07	8.00	12.00	5,292.76	5,129.28	96.91%
7	31/07	8.00	12.00	5,289.82	5,129.28	96.97%
8	01/08	8.00	12.00	5,340.93	5,129.28	96.04%
9	02/08	8.00	12.00	5,302.49	5,129.28	96.73%
10	03/08	6.00	9.00	4,055.99	3,846.96	94.85%
11	13/09	6.00	9.00	3,989.40	3,846.96	96.43%
12	14/09	8.00	11.55	5,022.26	4,936.93	98.30%

En la Tabla 10, consolidamos la información del tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) del ítem II de los formatos F2. Donde notamos que el TP tiene un máximo de 32.37% mínimo de 26.93%; el TC tiene un máximo de 20.23% un mínimo de 14.26% y finalmente el TNC tiene un máximo de 58.16% un mínimo de 47.40%.

Tabla 10*Tiempos de Producción y Desperdicio - Mez. Trompo.*

N° de muestra	Día de producción	Resultado			
		Productividad diaria (%)	TP	TC	TNC
1	23/07	89.77%	29.60%	18.47%	51.93%
2	24/07	97.37%	28.33%	17.58%	54.09%
3	25/07	97.65%	29.90%	18.08%	52.01%
4	26/07	96.72%	32.37%	20.23%	47.40%
5	27/07	97.41%	28.68%	15.74%	55.57%
6	30/07	96.91%	28.35%	14.26%	57.38%
7	31/07	96.97%	27.65%	14.60%	57.75%
8	01/08	96.04%	28.72%	16.09%	55.19%
9	02/08	96.73%	26.93%	14.91%	58.16%
10	03/08	94.85%	27.92%	15.63%	56.45%
11	13/09	96.43%	28.83%	14.78%	56.39%
12	14/09	98.30%	30.17%	15.02%	54.80%
Promedio :			28.96%	16.28%	54.76%
Máximo :			32.37%	20.23%	58.16%
Mínimo :			26.93%	14.26%	47.40%

5.1.2. Resultados de la cuadrilla mezcladora tolva.

Se presentan tablas representativas de las mediciones realizadas en los formatos F3 y F4 exponiendo los resultados de los doce días que existió este frente; Para luego identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante mezcladora tolva en la productividad de la obra investigada.

La Tabla 11 y la Tabla 13 fueron elaborados con datos recopilados en los formatos F2 ítem I reporte general del día.

En la Tabla 11, mostramos el tiempo total y los tiempos usados en cada etapa de la producción del concreto (Revisar 4.2.1 – etapas de producción); evidenciando que para producir 175.50 m³ de concreto en la obra investigada se usaron 68 horas con 32 minutos; así mismo en la etapa E1 que comprende la actividad de Instalación y acondicionamiento de la mezcladora tolva muestra que no se realizan a diario pero consume horas durante la semana, la etapa E2 que comprende las actividades de transformar los materiales en la mezcla de concreto y trasladar al encofrado lleva la

mayor cantidad de horas de la jornada y la etapa E3 que se realiza en paralelo a la E2 consiste en que la mano calificado (operario y oficial) realizan la distribución uniforme, vibrado y reglado de la mezcla en los encofrados de los paños de pavimentó.

Tabla 11

Tiempos de Producción de la Cuadrilla Mezcladora Tolva.

N° de muestra	Día de producción	Producción (m3)	Tiempo empleado en cada etapa			Tiempo de producción:
			E1	E2	E3	
1	27/08	18.00	01:25:00	05:07:00	03:40:48	07:30:00
2	28/08	15.00	02:00:00	04:50:00	03:28:00	07:25:00
3	29/08	13.50	00:00:00	04:10:00	03:21:36	05:15:00
4	30/08	15.00	00:00:00	04:40:00	03:12:00	05:00:00
5	03/09	16.50	01:36:00	04:43:00	03:31:12	07:06:00
6	04/09	15.00	00:00:00	04:25:00	03:18:24	05:10:00
7	05/09	13.50	00:00:00	04:10:00	02:59:12	04:40:00
8	06/09	13.50	00:00:00	04:33:00	03:12:00	05:00:00
9	07/09	12.00	00:00:00	05:25:00	03:50:24	06:00:00
10	10/09	18.00	01:01:00	04:55:00	03:34:24	06:36:00
11	11/09	13.50	00:00:00	03:57:00	02:40:00	04:10:00
12	12/09	12.00	00:00:00	04:08:00	02:59:12	04:40:00
Total		175.50 m3				68:32:00

Con estos datos podemos inferir por proporcionalidad cuántos metros cúbicos se produce en 8 horas y así obtener el rendimiento real en la obra investigada véase esta deducción en la Tabla 12

Tabla 12

Deducción del Rendimiento Real.

Tiempos de producción	Producción (m3)	
68:32:00	----- 175.50	
08:00:00	----- R	====> R = 20.49 m3/dia

En la Tabla 13 se muestra: (1) la cantidad de personal usado en cada etapa, para la E1 emplearon de 9 a 10 personas a diferencia de la cuadrilla anterior no se

realiza todos los días por la dificultad que conlleva movilizarlo, encontrar áreas que reúnan condiciones aseverando así que la mezcladora tolva es una equipo estacionario de poco movimiento; la E2 la cantidad de personal no es constante requiere de 9 a 10 personas (1 maquinista + 1 cemento + 4 agregados + 3 o 4 vaciadores) y la E3 emplearon 2 personales (1 Operario + 1 Oficial); las etapas E2 y la E3 son etapas que se ejecutan en paralelo por ello se requería de 11 o 12 personales por día para esta cuadrilla; (2) las horas hombre por día consumidos en cada etapa, se obtiene al multiplicar la cantidad de horas empleados en el día por la cantidad de personal de cada cuadrilla y sumando todos indicamos que para producir 175.50 m³ de concreto en la obra investigada requiero 652.12 horas hombre.

Tabla 13

Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas.

N° de muestra	Día	Producción (m ³)	Cantidad de personal en cada etapa			Horas hombre en cada etapa			Σ Horas Hombre por día
			E1	E2	E3	E1	E2	E3	
1	27/08	18.00	10	9	2	14.17	46.05	7.36	67.58
2	28/08	15.00	9	9	2	18.00	43.50	6.93	68.43
3	29/08	13.50	0	9	2	0.00	37.50	6.72	44.22
4	30/08	15.00	0	10	2	0.00	46.67	6.40	53.07
5	03/09	16.50	10	9	2	16.00	42.45	7.04	65.49
6	04/09	15.00	0	9	2	0.00	39.75	6.61	46.36
7	05/09	13.50	0	9	2	0.00	37.50	5.97	43.47
8	06/09	13.50	0	10	2	0.00	45.50	6.40	51.90
9	07/09	12.00	0	10	2	0.00	54.17	7.68	61.85
10	10/09	18.00	10	9	2	10.17	44.25	7.15	61.56
11	11/09	13.50	0	9	2	0.00	35.55	5.33	40.88
12	12/09	12.00	0	10	2	0.00	41.33	5.97	47.31
Total:		175.50 m³							652.12 hh

Por tanto, podemos inferir cuántas horas hombre se emplea para producir 1 m³ de concreto, veamos la Tabla 14.

Tabla 14*HH Para Producir 1 m³ de Concreto*

Horas Hombre	Producción (m3)
652:07:24	----- 175.50
Cantidad hh	----- 1.00

==> Cantidad hh = 3.72 hh

Del recurso empleado y el resultado logrado de cada día los cuales se obtuvieron detalladamente en el ítem II y III respectivamente de los formatos F3 se obtiene la productividad diaria referente a los costos de producción. Estos se muestran en la Tabla 15 donde apreciamos que la cantidad máxima de producción de concreto por día fue de 12 paños que contenía 18 m³ de concreto. Así mismo la máxima productividad de 99.66% y el mínimo de 93.93%.

Tabla 15*Productividad en Costos de Producción - Tolva.*

N° de muestra	Día de producción	Paños	Producción (m3)	Entrada Recurso empleado (S/.)	Salida Resultado logrado (S/.)	Resultado Productividad diaria (%)
1	27/08	12.00	18.00	7,735.82	7,693.92	99.46%
2	28/08	10.00	15.00	6,582.97	6,411.60	97.40%
3	29/08	9.00	13.50	5,860.73	5,770.44	98.46%
4	30/08	10.00	15.00	6,523.18	6,411.60	98.29%
5	03/09	11.00	16.50	7,146.06	7,052.76	98.69%
6	04/09	10.00	15.00	6,460.52	6,411.60	99.24%
7	05/09	9.00	13.50	5,849.19	5,770.44	98.65%
8	06/09	9.00	13.50	5,932.76	5,770.44	97.26%
9	07/09	8.00	12.00	5,460.50	5,129.28	93.93%
10	10/09	12.00	18.00	7,720.14	7,693.92	99.66%
11	11/09	9.00	13.50	5,819.64	5,770.44	99.15%
12	12/09	8.00	12.00	5,305.74	5,129.28	96.67%

Tabla 16*Tiempos de Producción y Desperdicio - Tolva*

N° de muestra	Día de producción	Resultado			
		Productividad diaria (%)	TP	TC	TNC
1	27/08	99.46%	44.67%	15.84%	39.49%
2	28/08	97.40%	43.06%	16.71%	40.23%
3	29/08	98.46%	47.82%	13.62%	38.56%
4	30/08	98.29%	52.77%	22.48%	24.75%
5	03/09	98.69%	43.57%	14.35%	42.08%
6	04/09	99.24%	48.94%	16.26%	34.80%
7	05/09	98.65%	48.06%	18.07%	33.87%
8	06/09	97.26%	51.95%	21.90%	26.15%
9	07/09	93.93%	50.27%	22.50%	27.23%
10	10/09	99.66%	44.51%	13.45%	42.04%
11	11/09	99.15%	47.23%	16.36%	36.40%
12	12/09	96.67%	43.83%	18.82%	37.35%
Promedio :		98.07%	47.22%	17.53%	35.25%
Máximo :		99.66%	52.77%	22.50%	42.08%
Mínimo :		93.93%	43.06%	13.45%	24.75%

En la Tabla 16, consolidamos la información del tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) del ítem II de los formatos F4. Notamos que el TP tiene un máximo de 52.77% mínimo de 43.06%; el TC tiene un máximo de 22.50% un mínimo de 13.45% y finalmente el TNC tiene un máximo de 42.08% un mínimo de 24.75%.

5.1.3. Resultados de la cuadrilla mezcladora autohormigonera.

Se presentan tablas y gráficos representativas de las mediciones realizadas en los formatos F5 y F6 exponiendo los resultados de los veinte días que existió este frente; Para luego identificar la influencia del proceso de producción de concreto mediante la mezcladora autohormigonera en la productividad de la obra investigada.

La Tabla 17 y la Tabla 19 fueron elaborado con datos recopilados en los formatos F5 ítem I Reporte General Del Día

En la Tabla 17, mostramos que para producir 450.50 m³ de concreto en la obra investigada se usaron 72 horas; así mismo la etapa E1 que comprende la

actividad de Instalación y acondicionamiento no se realizan ninguna actividad a diferencia de los anteriores, la etapa E2 comprende las actividades de transformar los materiales en la mezcla de concreto y trasladar al encofrado y la etapa E3 que se realiza en paralelo a la E2 consiste en que la mano calificado (operario y oficial) realizan la distribución uniforme, vibrado y reglado de la mezcla en los encofrados de los paños de pavimentó.

Tabla 17

Tiempos de Producción - autohormigonera

N° de muestra	Día de producción	Producción (m3)	Tiempo empleado en cada etapa			Tiempo de producción:
			E1	E2	E3	
1	02/08	25.50	00:03:00	03:35:00	04:10:00	04:10:00
2	03/08	22.50	00:00:00	03:55:00	03:55:00	03:55:00
3	04/08	7.50	00:00:00	01:20:00	01:30:00	01:30:00
4	06/08	22.50	00:00:00	03:05:00	03:20:00	03:20:00
5	07/08	22.50	00:00:00	03:10:00	03:25:00	03:25:00
6	08/08	22.50	00:00:00	03:15:00	03:35:00	03:35:00
7	09/08	19.50	00:00:00	03:00:00	03:10:00	03:10:00
8	10/08	19.50	00:00:00	03:15:00	03:15:00	03:15:00
9	13/08	19.50	00:00:00	02:40:00	03:00:00	03:00:00
10	14/08	16.50	00:00:00	02:35:00	02:50:00	02:50:00
11	15/08	22.50	00:00:00	03:30:00	03:45:00	03:45:00
12	16/08	22.50	00:00:00	03:45:00	03:55:00	03:55:00
13	17/08	22.50	00:00:00	04:05:00	04:15:00	04:15:00
14	18/08	18.00	00:00:00	03:10:00	03:00:00	02:50:00
15	20/08	22.50	00:00:00	04:30:00	04:35:00	04:35:00
16	21/08	22.50	00:00:00	04:40:00	04:50:00	04:50:00
17	22/08	28.50	00:00:00	04:00:00	04:15:00	04:15:00
18	23/08	25.50	00:00:00	03:55:00	04:00:00	04:00:00
19	24/08	25.50	00:00:00	04:15:00	03:15:00	03:15:00
20	25/08	22.5	00:00:00	04:00:00	04:10:00	04:10:00
Total		430.50 m3				72:00:00

Con estos datos podemos inferir por proporcionalidad cuántos metros cúbicos se produce en 8 horas y así obtener el rendimiento real diario de la obra investigada véase la Tabla 18 el cálculo del rendimiento real de la cuadrilla mezcladora autohormigonera.

Tabla 18*Rendimiento real - autohormigonera.*

Tiempos de producción	Producción (m3)
72:00:00	----- 430.50
08:00:00	----- R

====> **R = 47.83 m3/día**

Tabla 19*Cantidad de Personal y Horas Hombre por Etapas.*

N° de muestra	Día	Producción (m3)	Cantidad de personal en cada etapa			Horas hombre en cada etapa			Σ Horas Hombre por día
			E1	E2	E3	E1	E2	E3	
1	02/08	25.50	2	3	2	0.10	10.75	8.33	19.18
2	03/08	22.50	2	3	2	0.00	11.75	7.83	19.58
3	04/08	7.50	2	3	2	0.00	4.00	3.00	7.00
4	06/08	22.50	2	3	2	0.00	9.25	6.67	15.92
5	07/08	22.50	2	3	2	0.00	9.50	6.83	16.33
6	08/08	22.50	2	3	2	0.00	9.75	7.17	16.92
7	09/08	19.50	2	3	2	0.00	9.00	6.33	15.33
8	10/08	19.50	2	3	2	0.00	9.75	6.50	16.25
9	13/08	19.50	2	3	2	0.00	8.00	6.00	14.00
10	14/08	16.50	2	3	2	0.00	7.75	5.67	13.42
11	15/08	22.50	2	3	2	0.00	10.50	7.50	18.00
12	16/08	22.50	2	3	2	0.00	11.25	7.83	19.08
13	17/08	22.50	2	3	2	0.00	12.25	8.50	20.75
14	18/08	18.00	2	3	2	0.00	9.50	6.00	15.50
15	20/08	22.50	2	3	2	0.00	13.50	9.17	22.67
16	21/08	22.50	2	3	2	0.00	14.00	9.67	23.67
17	22/08	28.50	2	3	2	0.00	12.00	8.50	20.50
18	23/08	25.50	2	3	2	0.00	11.75	8.00	19.75
19	24/08	25.50	2	3	2	0.00	12.75	6.50	19.25
20	25/08	22.50	2	3	2	0.00	12.00	8.33	20.33
		430.50 m3							353.43

La Tabla 19, muestra la cantidad de personal usado en cada etapa, para la E1 había 2 personas disponibles pero no realizaban ninguna actividad; en la E2 requería de 3 personas (1 maquinista + 2 de llenado de cemento y apoyo) y en la E3 emplearon al Operario y Oficial; en esta cuadrilla solo requería de 03 personas; así mismo se muestran las horas hombre en cada etapa y sumando todos indicamos que

para producir 430.50 m³ de concreto, la obra investigada requirió solo de 353.43 horas hombre.

Para ver la productividad diaria de la mezcladora autohormigonera observamos la Tabla 20 donde apreciamos que la cantidad máxima de producción de concreto por día fue de 19 paños que contenía 28.50 m³ de concreto. Del recurso empleado y el resultado logrado de cada día los cuales se obtuvieron detalladamente en el ítem II y III respectivamente de los formatos F5 se obtiene la productividad de costos. Evidenciado que se tuvo como máximo una productividad de 103.36% y un mínimo de 99.98%.

Tabla 20

Productividad en Costos de Producción – autohormigonera.

Nº de muestra	Día de producción	Paños	Producción (m3)	Entrada Recurso empleado (S/.)	Salida Resultado logrado (S/.)	Resultado Productividad diaria (%)
1	02/08	17.00	25.50	10,571.55	10,899.72	103.10%
2	03/08	15.00	22.50	9,465.47	9,617.40	101.61%
3	04/08	5.00	7.50	3,164.84	3,205.80	101.29%
4	06/08	15.00	22.50	9,304.77	9,617.40	103.36%
5	07/08	15.00	22.50	9,321.46	9,617.40	103.17%
6	08/08	15.00	22.50	9,340.21	9,617.40	102.97%
7	09/08	13.00	19.50	8,128.54	8,335.08	102.54%
8	10/08	13.00	19.50	8,174.49	8,335.08	101.96%
9	13/08	13.00	19.50	8,065.91	8,335.08	103.34%
10	14/08	11.00	16.50	6,889.68	7,052.76	102.37%
11	15/08	15.00	22.50	9,388.21	9,617.40	102.44%
12	16/08	15.00	22.50	9,436.22	9,617.40	101.92%
13	17/08	15.00	22.50	9,502.97	9,617.40	101.20%
14	18/08	12.00	18.00	7,574.94	7,693.92	101.57%
15	20/08	15.00	22.50	9,584.35	9,617.40	100.34%
16	21/08	15.00	22.50	9,619.79	9,617.40	99.98%
17	22/08	19.00	28.50	11,803.31	12,182.04	103.21%
18	23/08	17.00	25.50	10,625.02	10,899.72	102.59%
19	24/08	17.00	25.50	10,664.99	10,899.72	102.20%
20	25/08	15.00	22.5	9,486.28	9,617.40	101.38%

En la Tabla 21, consolidamos la información del tiempo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) del ítem II de los

formatos F6. Notamos que el TP tiene un máximo de 82.42% mínimo de 66.82%; el TC tiene un máximo de 21.70% un mínimo de 6.65% y finalmente el TNC tiene un máximo de 15.71% un mínimo de 9.91%.

Tabla 21

Tiempos de Producción y Desperdicio - autohormigonera.

Nº de muestra	Día de producción	Resultado Productividad diaria (%)	TP	TC	TNC
1	02/08	103.10%	73.35%	12.92%	13.73%
2	03/08	101.61%	71.19%	14.24%	14.57%
3	04/08	101.29%	71.35%	14.67%	13.98%
4	06/08	103.36%	73.06%	11.97%	14.96%
5	07/08	103.17%	72.83%	12.57%	14.60%
6	08/08	102.97%	73.48%	12.90%	13.62%
7	09/08	102.54%	70.40%	16.00%	13.59%
8	10/08	101.96%	77.36%	12.71%	9.93%
9	13/08	103.34%	82.42%	6.65%	10.93%
10	14/08	102.37%	75.18%	11.63%	13.18%
11	15/08	102.44%	70.34%	16.47%	13.19%
12	16/08	101.92%	74.65%	15.44%	9.91%
13	17/08	101.20%	67.74%	21.70%	10.56%
14	18/08	101.57%	67.59%	19.45%	12.96%
15	20/08	100.34%	66.82%	21.07%	12.10%
16	21/08	99.98%	71.39%	16.00%	12.61%
17	22/08	103.21%	70.13%	14.16%	15.71%
18	23/08	102.59%	70.85%	15.22%	13.92%
20	24/08	102.20%	68.45%	17.57%	13.98%
Promedio :		102.17%	72.03%	14.91%	13.06%
Máximo :		103.36%	82.42%	21.70%	15.71%
Mínimo :		99.98%	66.82%	6.65%	9.91%

5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CUADRILLAS INVESTIGADAS.

Este trabajo de investigación tuvo la oportunidad de evidenciar tres formas de producción del concreto, donde surgió la siguiente duda: ¿De qué manera incide el proceso de producción de concreto de cemento portland en la productividad de la obra pavimento urbano, en el distrito de Cajay, Huari 2018?

En respuesta inmediata se planteó la siguiente hipótesis general

“El proceso de producción de concreto de cemento portland incide significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.”

Consecuentemente a esta hipótesis general se concibieron tres hipótesis específicas, en base a las cuadrillas presentes y estudiadas en la obra investigada, las cuales son:

- i. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora trompo influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.*
- ii. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.*
- iii. El proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.*

Este apartado efectúa la comprobación de las hipótesis de la investigación, para ello se realiza un análisis inferencial, al comparar los resultados de las tres cuadrillas de producción de concreto. Respecto a la productividad de los costos de producción los cuales se presentaron en los resultados y se consolidan en la Tabla 22.

Una inferencia es la elaboración de conclusiones a partir de las pruebas que se realizan con los datos obtenidos de una muestra de la población. Las pruebas estadísticas se emplean con la finalidad de establecer la probabilidad de que una conclusión que se obtiene a partir de una muestra sea aplicable a la población de la cual se obtuvo. (Flores-Ruiz, Miranda-Novales, & Villasís-Keever, 2017).

Para contratar estas hipótesis con una mayor precisión se determinó que la prueba estadística se le denomina ANOVA de una vía. Para ello se seguirá usando para simplificar los cálculos estadísticos el software SPSS.

Tabla 22

Productividad en Costos de Producción de las Tres Cuadrillas.

Datos	Trompo	Tolva	Autohormigonera
1	89.77%	93.93%	99.98%
2	94.85%	96.67%	100.34%
3	96.04%	97.26%	101.20%
4	96.43%	97.40%	101.29%
5	96.72%	98.29%	101.38%
6	96.73%	98.46%	101.57%
7	96.91%	98.65%	101.61%
8	96.97%	98.69%	101.92%
9	97.37%	99.15%	101.96%
10	97.41%	99.24%	102.20%
11	97.65%	99.46%	102.37%
12	98.30%	99.66%	102.44%
13			102.54%
14			102.59%
15			102.97%
16			103.10%
17			103.17%
18			103.21%
19			103.34%
20			103.36%

5.2.1. Prueba estadística.

Evaluando los datos, concerniente al diseño de la investigación, observamos que trata de la comparación de tres grupos de estudio independientes. Estos tres grupos forman parte de la misma obra con el mismo objetivo que es la producción de concreto para el pavimento urbano, cual se realiza la comparación de la productividad entre ellos.

Referente al número de mediciones de la variable independiente (Proceso de producción del concreto) los cuales son grupos independientes, se realizó todos los

días que existía los frentes de producción del concreto, obteniendo así 12, 12 y 20 datos de la cuadrillas mezcladora tolva, trompo y la autohormigonera respectivamente tal como se indicó en la Tabla 4.

La escala de medición de variables, es del orden cuantitativo continuo, por ende, son divisibles y se presentan en porcentajes. Por tal los datos de las muestras de la presente investigación se podrían encontrar en el conjunto de pruebas paramétricas.

Solamente se usa las pruebas paramétricas, cuando los datos muestran una distribución normal. Para ello se recomienda realizar comprobaciones con algunas de esas herramientas: Kolmogorov-Smirnov, Shapiro – Wilk o sesgo y curtosis. (Flores-Ruiz, Miranda-Novales, & Villasís-Keever, 2017a).

5.2.2. Bondad de ajuste con Shapiro-Wilks.

La normalidad es cuando las muestras de los grupos analizados siguen una distribución Normal (semejante a la curva de Gauss). Cuando el tamaño muestral es igual o inferior a 50 la prueba de contraste de bondad de ajuste a una distribución normal se realiza con el análisis estadístico Shapiro-Wilks. (Romero Saldaña, 2016).

A continuación, se efectúa la bondad de ajuste de las tres cuadrillas de producción, con el programa SPSS.

- Para ello planteamos las premisas de la bondad de ajuste con la elección del nivel de significancia

⇒ Ho: Los datos tienen una distribución normal. (Sig. ≥ 0.05)

⇒ Ha: Los datos no tienen distribución normal (Sig. < 0.05)

- Prueba estadística.

Realizamos los cálculos en programa SPSS de donde obtenemos las siguientes deducciones, mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 23*Procesamiento de Normalidad en el SPSS.*

Datos	Trompo	Tolva	Autohormigonera
1	0.8977	0.9393	0.9998
2	0.9485	0.9667	1.0034
3	0.9604	0.9726	1.012
4	0.9643	0.974	1.0129
5	0.9672	0.9829	1.0138
6	0.9673	0.9846	1.0157
7	0.9691	0.9865	1.0161
8	0.9697	0.9869	1.0192
9	0.9737	0.9915	1.0196
10	0.9741	0.9924	1.022
11	0.9765	0.9946	1.0237
12	0.983	0.9966	1.0244
13			1.0254
14			1.0259
15			1.0297
16			1.031
17			1.0317
18			1.0321
19			1.0334
20			1.0336

Producción de concreto		Shapiro-Wilk			Normalidad sig \geq 0.05
		Estadístico	gl	Sig.	
Productividad.	Trompo	0.69	12.00	0.001	No
	Tolva	0.84	12.00	0.025	No
	Autohormigonera	0.94	20.00	0.229	Si

Podemos verificar que las cuadrillas Trompo y Tolva no alcanzan la normalidad, caso contrario se da en la cuadrilla autohormigonera sin embargo de acuerdo a investigadores como López Roldán & Fachelli, 2015 no invalida los resultados si las muestra son grandes; pero buscando mayor precisión se examinaron los gráficos y nos dimos cuenta que, con tan solo eliminar el extremo inferior de las cuadrillas no paramétricas se obtiene lo siguiente.

Tabla 24*Datos Paramétricos con la Verificación en el Programa SPSS.*

Datos	Trompo	Tolva	Autohormigonera
1	0.9485	0.9667	0.9998
2	0.9604	0.9726	1.0034
3	0.9643	0.974	1.012
4	0.9672	0.9829	1.0129
5	0.9673	0.9846	1.0138
6	0.9691	0.9865	1.0157
7	0.9697	0.9869	1.0161
8	0.9737	0.9915	1.0192
9	0.9741	0.9924	1.0196
10	0.9765	0.9946	1.022
11	0.983	0.9966	1.0237
12			1.0244
13			1.0254
14			1.0259
15			1.0297
16			1.031
17			1.0317
18			1.0321
19			1.0334
20			1.0336

Producción de concreto	Shapiro-Wilk			Normalidad sig \geq 0.05
	Estadístico	gl	Sig.	
Trompo	0.95	11.00	0.685	Si
Productividad. Tolva	0.93	11.00	0.416	Si
Autohormigonera	0.94	20.00	0.229	Si

Ahora bien, se tiene datos paramétricos que cumplen la normalidad en las tres cuadrillas; por lo tanto, el promedio como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión es aplicable.

5.2.3. Contrastación de la hipótesis de la investigación.

Se va comparar las tres cuadrillas independientes de producción de concreto por tanto se selecciona la prueba denominada análisis de varianza o ANOVA de una vía para la contratación de la Hipótesis.

- **Plantear la Hipótesis al nivel de significancia: $\alpha < 5\% = 0.05$.**

⇒ Hipótesis de la investigación.

El proceso de producción de concreto de cemento portland incide significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

Cuando la sig. < 0.05

⇒ Hipótesis alterna.

El proceso de producción de concreto de cemento portland no incide significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

Cuando la sig. ≥ 0.05

- **Contratación de hipótesis general con la prueba estadística es ANOVA de una vía.**

Realizando el tratamiento estadístico en el programa SPSS nos muestra la Tabla 25 análisis descriptivo de los tres frentes de producción de concreto, donde corroboramos que las productividades respecto a los costos de producción de cada una de las cuadrillas trompo, tolva y autohormigonera son 96.85%, 98.45% y 102.13% respectivamente tomando como línea base al expediente técnico.

Tabla 25

Análisis Descriptivo de la producción de concreto.

Productividad	Datos	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Trompo	11	96.85%	0.00906	0.002732	0.96244	0.97461	94.90%	98.30%
Tolva	11	98.45%	0.0097	0.002925	0.97797	0.991	96.70%	99.70%
Autohormigonera	20	102.13%	0.00974	0.002178	101,671	102,583	100.00%	103.40%

Ahora bien, se requiere ver la significancia de la productividad respecto al costo de producción entre las cuadrillas para ello el programa realiza el análisis de varianza y nos muestra la Tabla 26.

Tabla 26

Contrastación de la Hipótesis General.

Productividad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.0220	2	0.011	122.514	0.000
Dentro de grupos	0.0040	39	0		
Total	0.0260	41			

Fuente. Elaboración propia con el programa SPSS.

Interpretando el valor de la significancia cual es 0.000 menor que 0.05 significa que es válida la hipótesis de la investigación es verdadera.

El proceso de producción de concreto de cemento portland incide significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

• **Contrastación de hipótesis específica con la prueba Post hoc de Turke.**

Con prueba Post hoc de Turkey, se obtiene la combinación de las tres cuadrillas en estudio por tanto para poder aseverar o negar esta herramienta estadística nos da la Tabla 27.

Tabla 27

Prueba Post Hoc de Turkey.

(I) Produccion de concreto	(J) Produccion de concreto	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Trompo	Tolva	-.015955*	0.00408	0.001	-0.02589	-0.00602
	Autohormigonera	-.052743*	0.00359	0	-0.06149	-0.044
Tolva	Trompo	.015955*	0.00408	0.001	0.00602	0.02589
	Autohormigonera	-.036788*	0.00359	0	-0.04553	-0.02805
Autohormigonera	Trompo	.052743*	0.00359	0	0.044	0.06149
	Tolva	.036788*	0.00359	0	0.02805	0.04553

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Fuente. Elaboración propia con el programa SPSS.

Interpretando la significancia entre las cuadrillas (análisis combinatorio)

todos son menores a 0.05 por lo tanto cada hipótesis específicas es verdadera

- El proceso de producción de concreto mediante mezcladora trompo influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.
- El proceso de producción de concreto mediante mezcladora tolva influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.

- El proceso de producción de concreto mediante mezcladora autohormigonera influye significativamente en la productividad de la obra pavimento urbano.

5.3. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Después de haber visto que las hipótesis planteadas son verdaderas, este acápite realiza un análisis descriptivo de los resultados obtenidos, realizando su evaluación y discusión en forma independiente.

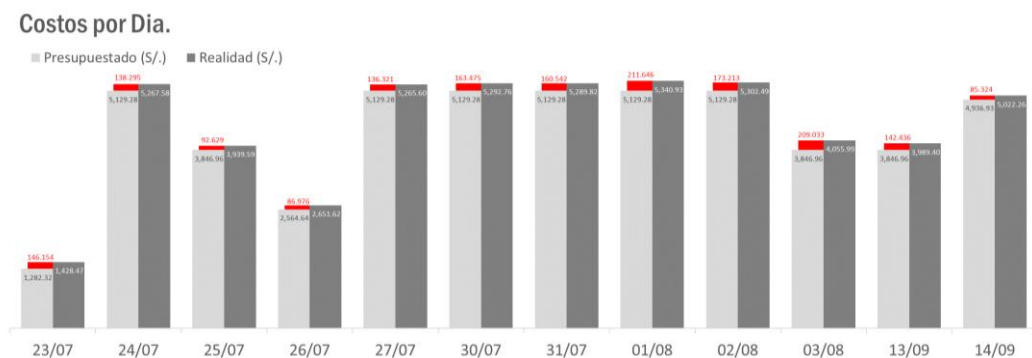
5.3.1. Cuadrilla mezcladora trompo.

La cuadrilla de la mezcladora trompo obtuvo una media de 96.85% (ver Tabla 25) significando una productividad en función a los costos de producción con una influencia negativa del 3.15%, tomando como línea base al expediente técnico.

En la Figura 10 costo por día, elaborado con el presupuesto programado (Entrada) y el presupuesto real (Salida), se aprecia con mayor precisión lo indicado. Verificándose que todos los días que existió este frente no se logró obtener ningún resultado positivo.

Figura 10

Costo Por Día de la Cuadrilla Mezcladora Trompo.



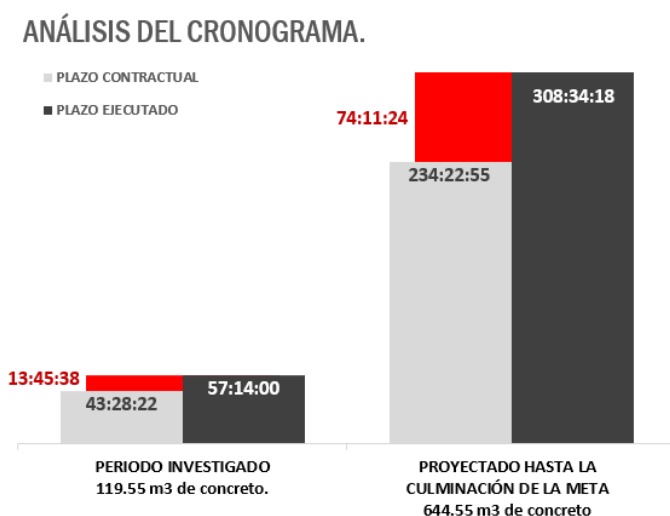
La evaluación de la productividad en función a tiempos de producción lo realizamos empleando la Tabla 6 donde se mostró que el rendimiento real de la cuadrilla mezcladora trompo fue de 16.71 m³/día, y comparándolo con el

rendimiento del expediente técnico de 22 m³/día (ver ítem 4.6), notamos que al día la obra tendría un atraso de 5.29 m³/día para aclarar realizamos el cronograma de ejecución teniendo en cuenta un rendimiento por m³/horas. Esto debido a que la cuadrilla completaba su jornada de 8 horas con otras tareas y realizar un análisis en función a m³/día sería incoherente.

El cálculo aritmético consiste en tomar la producción real estudiada 119.55 m³ y la contratada 644.55 m³ de concreto y dividirlos a cada uno por los dos rendimientos (2.09 m³/h real y 2.44 m³/h contractual), obteniendo así cuatro resultados que se plasman en el cronograma de ejecución de la partida que se muestra en la Figura 11. Al examinar este cronograma notamos que en el periodo investigado de la mezcladora trompo solo contaba con un plazo contractual de 43 horas 29 minutos sin embargo en la realidad se produjo en 57 horas 14 minutos teniendo un desfase de 13 horas 46 minutos.

Figura 11.

Cronograma de Ejecución - Cuadrilla Mezcladora Trompo.



Si lo proyectáramos hasta la culminación de toda la partida investigada (grafico derecho de la Figura 11) notamos que los resultados hubieran sido contraproducentes para el contratista, no hubiese culminado en los plazos

contractuales acarreado esto en penalidades. Infiriendo un desfase de 74 horas 12 minutos lo que nos hace recomendar que en un caso crítico donde la única opción de producción de concreto sea con la mezcladora trompo se amplíe a dos frentes en paralelo con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento.

Para culminar la evaluación de la productividad en función de tiempos de producción realizamos la expresión matemática mostrada a continuación, donde podemos señalar que la obra solo tiene una eficiencia del 75.95% por tanto requeriría de un plazo adicional a lo contratado del 24.05%, cual significa, que la productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 75.95% tomando como línea base al expediente técnico.

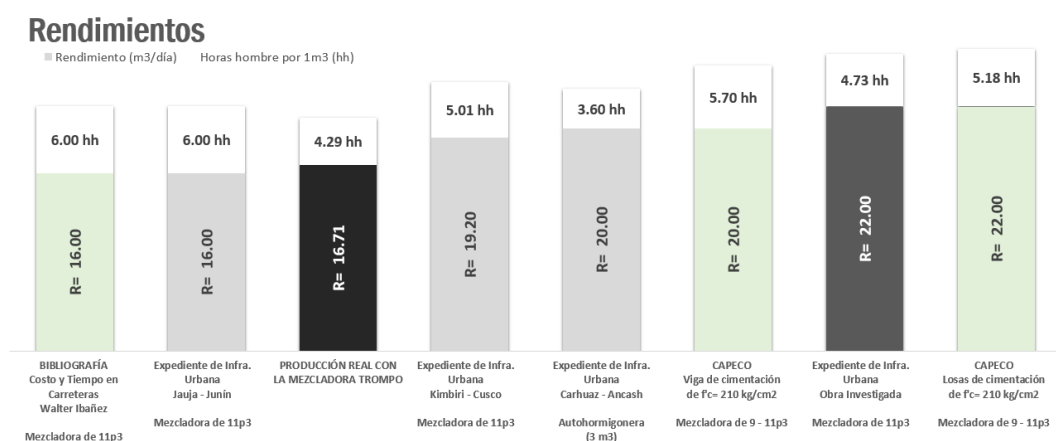
$$P_{(tiempo)} = \frac{16.71m^3/dia}{22m^3/dia} = \frac{43:28:22}{57:14:00} = \frac{234:22:55}{308:34:18} = 75.95\%$$

Las conclusiones anteriores de influencias negativas de la productividad con respecto a costos y tiempos son válidas para la obra investigada al ser esta un caso particular, pero para poder generalizar a nivel de la región o país necesitamos realizar comparaciones en base a bibliografías y experiencias plasmadas por otros consultores; Para ello se desarrolló el acápite 4.6 revisión de costos y presupuesto de la producción de concreto de la obra, similares y bibliografías donde se mostró rendimientos y cantidad de horas hombres para la producción de concreto; Con estas antecedentes y deducciones, realizamos la comparación que se muestra en la **Figura**

12

Figura 12

Comparación de Rendimientos de la Cuadrilla Trompo.



La **Figura 12**, nos indica que la obra investigada no alcanza el rendimiento propuesto por el consultor teniendo como diferencia 5.29 m³ (22 -16.71) sin embargo el rendimiento real de la cuadrilla mezcladora trompo se ajustó a la bibliografía especializada de Walter Ibañez “Costos y Tiempos en Carreteras” de esto podríamos recomendar fehacientemente que no deberíamos usar las referencias de CAPECO para los expedientes técnicos de infraestructura urbana en la zona en estudio.

Esta comparación pone en alerta la conclusión particular encontrada (influencia negativa de la productividad en función a costos y tiempos). Y para poder generalizar se requiere realizar otra investigación en una obra de pavimento urbano con un expediente que plantea el rendimiento propuesto por el ingeniero Walter Ibañez.

Resumiendo, la cuadrilla de la mezcladora Trompo de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay, Huari 2018. Indicamos los siguientes

- Desde un punto de vista particular la productividad alcanzada por la cuadrilla de la mezcladora trompo influyo negativamente en relación a su expediente técnico por las siguientes razones:

- ⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 96.85% por tal tuvo influencia negativa del 3.15%.
- ⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 75.95%.
- ⇒ Se demostró que todos los días que existió este frente no se logró obtener resultados positivos debido a que los recursos reales que se usaron para realizar la producción del concreto para el pavimento urbano, son mayores a lo proyectado (Expediente Técnico).
- Los plazos estipulados no serían alcanzados con una sola cuadrilla de mezcladora trompo por lo que se recomienda que en un caso crítico donde la única opción de producción de concreto sea con la mezcladora trompo se amplíe a dos frentes en paralelo con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento; teniendo una producción de concreto como mínimo del 32% de metros cúbicos.
 - Se recomienda a los consultores de la región de no tomar la publicación de “costos y presupuestos de edificaciones” de CAPECO para estimar el presupuesto en las obras de pavimento urbano. Siendo de mayor factibilidad la bibliografía “costos y tiempos en carretera” del ingeniero Walter Ibáñez, en esta investigación se demostró que los rendimientos de ambos son similares.
 - No se puede generalizar en proyectos de la región o país, que tengan condiciones diferentes a lo estudiado sobre la influencia de la productividad encontrada en la cuadrilla de la mezcladora trompo de la obra investigada, debido a la variabilidad de rendimientos que toman los expedientes técnicos (16 a 22 m³/día), condiciones sociales y geográficas.

- Queda abierta realizar una investigación de la productividad en otra obra de pavimento urbano usando la mezcladora trompo con un expediente que plantee el rendimiento de 16 m³/día propuesto por el ingeniero Walter Ibáñez.

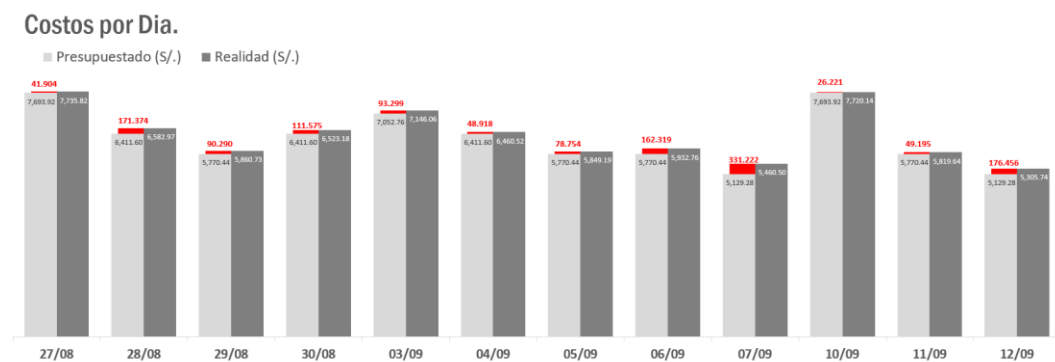
5.3.2. Cuadrilla la mezcladora Tolva.

La cuadrilla de la mezcladora tolva obtuvo una media de 98.45% (ver Tabla 25) significando una productividad en función a los costos de producción con una influencia negativa del 1.55%, tomando como línea base al expediente técnico.

En la Figura 13, se verifica que este frente al igual que la cuadrilla de trompo no obtuvo ningún resultado positivo durante todos los días de producción.

Figura 13

Costo por Día de la Cuadrilla Mezcladora Tolva.

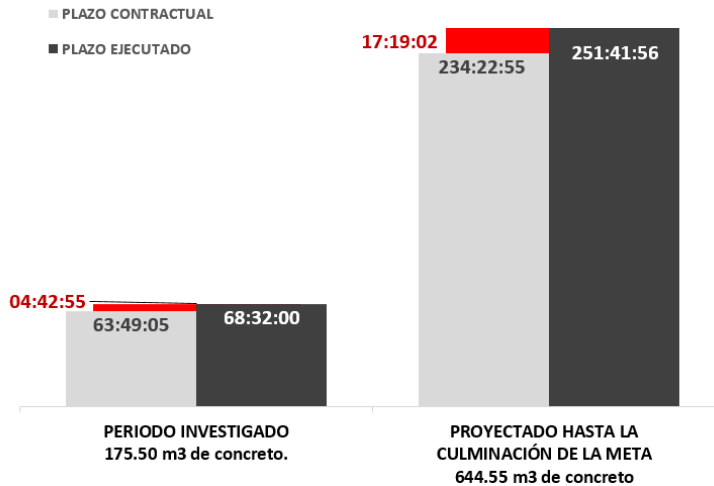


La evaluación de la productividad en función a tiempos de producción lo realizamos con la misma lógica de la evaluación de la cuadrilla trompo tomando el rendimiento real de la cuadrilla mezcladora tolva cual fue 20.49 m³/día, y el rendimiento del expediente técnico de 22 m³/día y transformándolos a 2.09 m³/h de rendimiento real y 2.75 m³/h. Obtenemos el cronograma **Figura 14**

Figura 14.

Cronograma de Ejecución - Cuadrilla Mezcladora Tolva.

ANÁLISIS DEL CRONOGRAMA.



Llevando a una expresión matemática y con la experiencia de la evaluación de la cuadrilla anterior obtenemos:

$$P_{(tiempo)} = \frac{20.49 \text{ m}^3/\text{dia}}{22 \text{ m}^3/\text{dia}} = 93.14 \%$$

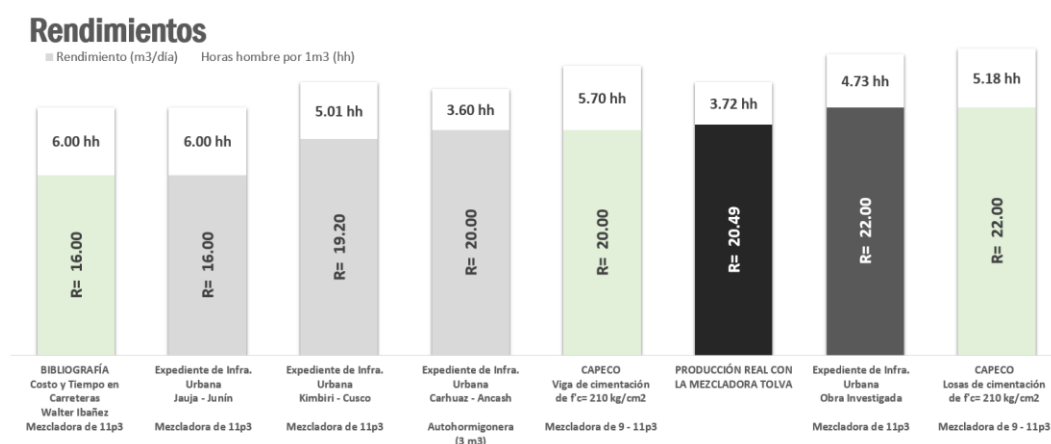
Examinando la **Figura 14**, notamos que en el periodo investigado de la mezcladora Tolva contaba con un plazo contractual de 63 horas 50 minutos sin embargo con esta cuadrilla se realizó completar en 68 horas 32 minutos teniendo un desfase de 4 horas 43 minutos más la corroboración matemática, señalamos que la obra requería de plazo adicional a lo contratado del 6.86%, cual significa, que la productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 93.14% tomando como línea base al expediente técnico.

Proyectando hasta la culminación de toda la partida investigada al igual que la cuadrilla anterior no se hubiese culminado en los plazos contractuales con un desfase de 17 horas 19 minutos de modo que recomendaríamos que se amplié otro frente, que cubra el 8% de la producción con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento.

Para poder generalizar a nivel de la región o país realizamos comparaciones con la misma metodología realizada en la evaluación de la cuadrilla mezcladora trompo, así se obtiene la Figura 15 el cual indica que la obra investigada no alcanzo el rendimiento propuesto por el consultor teniendo como diferencia 1.51 m³/día (22 - 20.49) pero da buenas luces en comparación al rendimiento propuesto de la bibliografía de Walter Ibañez “Costos y Tiempos en Carreteras” por tal podríamos generalizar el resultado obtenido para expedientes técnicos que basan sus cálculos de costos y presupuestos en esta bibliografía, y mencionar que influye positivamente con una mezcladora tolva de una capacidad de 12p3.

Figura 15.

Comparación de Rendimientos - Cuadrilla Tolva



Discutiendo y resumiendo, la evaluación de la cuadrilla mezcladora Tolva de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay, Huari 2018. Indicamos los siguientes.

- Desde un punto de vista particular la productividad alcanzada por la cuadrilla de la mezcladora tolva influyo negativamente en relación a su expediente técnico por las siguientes razones:
 - ⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 98.45% por tal tuvo influencia negativa del 1.55%.

- ⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 93.14%.
- ⇒ Se demostró que todos los días que existió este frente no se logró obtener resultados positivos debido a que los recursos reales que se usaron para realizar la producción del concreto para el pavimento urbano, son mayores a lo proyectado (Expediente Técnico).
- Recomendamos que se amplíe otro frente, que cubra el 8% de la producción con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento.
 - Para un proyecto de las zonas colindantes donde se ha dado el estudio en condiciones similares a la obra investigada altitud sobre el nivel del mar, condición social geografía y presente un rendimiento de 22 m³/día en su expediente técnico la productividad mediante la cuadrilla de la mezcladora tolva será negativa.
 - No se puede generalizar en proyectos de la región o país, la influencia de la productividad encontrada en la cuadrilla de la mezcladora tolva de la obra investigada, debido a la variabilidad de rendimientos que toman los expedientes técnicos los cuales varía desde 16 m³/día a 22 m³/día.
 - Queda abierta realizar una investigación de la productividad en una obra de pavimento urbano usando la mezcladora tolva con un expediente que plantee el rendimiento de 16 m³/día.

5.3.3. Cuadrilla de la mezcladora autohormigonera

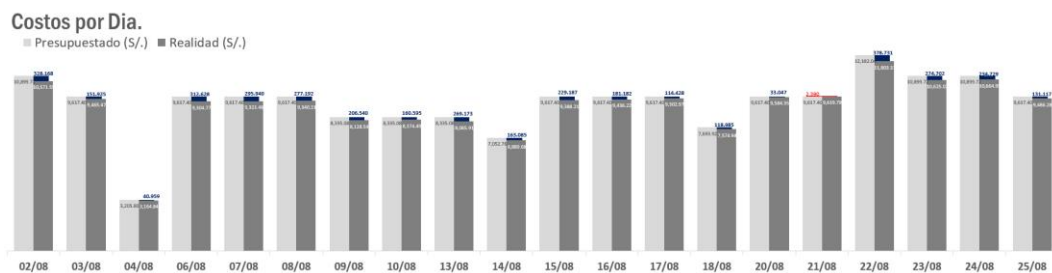
La cuadrilla de la mezcladora autohormigonera obtuvo una media de 102.13% (ver Tabla 25) significando una productividad en función a los costos de

producción con una influencia positiva del 2.13%, tomando como línea base al expediente técnico.

La Figura 16, realizado con el presupuesto programado (Entrada) y el presupuesto real (Salida), se verifica que este frente tuvo solo un día rojo (perdida) y 19 días azules (ganancias); al hacer un balance general notamos que esta cuadrilla logró obtener resultados positivos.

Figura 16.

Costo por Día - Cuadrilla Mezcladora autohormigonera.



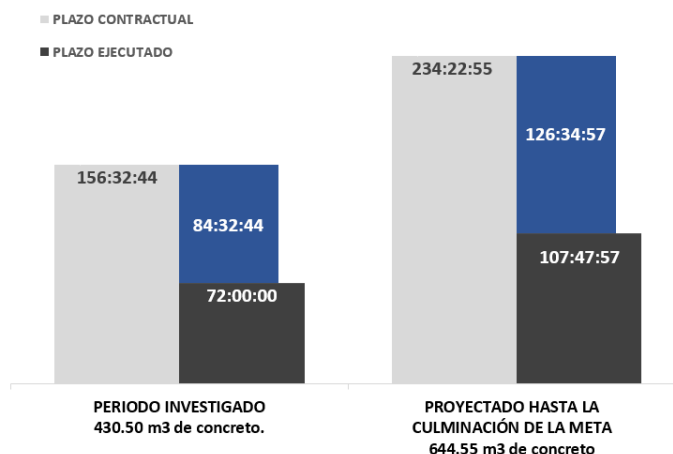
Con la misma lógica de las cuadrillas anteriores evaluamos la productividad en función a tiempos de producción de la cuadrilla mezcladora autohormigonera.

Con los datos de rendimientos reales de 47.83 m³/día, y el rendimiento del expediente técnico de 22 m³/día. Obtenemos el cronograma presentado en la **Figura 17** y su cálculo respectivo.

Figura 17.

Cronograma de Ejecución - autohormigonera.

ANÁLISIS DEL CRONOGRAMA.



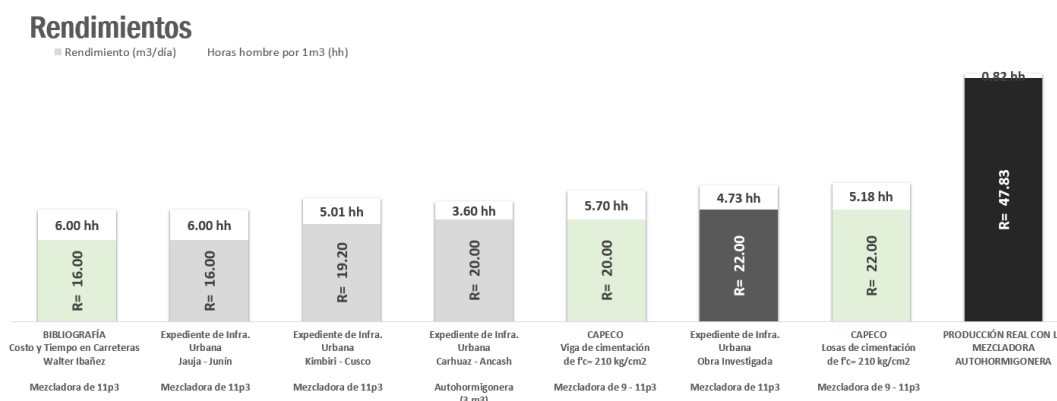
$$P_{(tiempo)} = \frac{47.83 \text{ m}^3/\text{dia}}{22 \text{ m}^3/\text{dia}} = 217.41 \%$$

Observando la Figura 17, notamos que en el periodo investigado de la mezcladora autohormigonera contaba con un plazo contractual de 156 horas 33 minutos y la cuadrilla investigada lo realizó solo en 72 horas teniendo un resultado positivo de 84 horas 32 minutos adelantado, más su expresión matemática afirmamos, que la productividad en función a tiempos de producción fue positiva al tener solo una eficiencia del 227.41% tomando como línea base al expediente técnico. En caso de solo haber usado la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera proyectamos que se hubiera culminado en los plazos contractuales teniendo una obra adelantada por 126 horas con 35 minutos.

Las conclusiones anteriores son válidas para la obra investigada y para poder generalizar a nivel de la región o país realizamos comparaciones en base al acápite 4.6 revisión de costos y presupuesto de la producción de concreto de la obra y similares, con la misma metodología realizada en la evaluación de la cuadrilla mezcladora trompo y tolva procedemos obtenemos la **Figura 18**. El cual nos indica, que se superó por creces a los rendimientos propuesto del consultor hasta un 25.83 m³/día (47.83 -22) y las referencias que se plateo en el acápite 4.6. debido a que proponen sus análisis de referencia en función al equipo mezcladora de 11p3 exceptuando el expediente de Carhuaz que realizo con la autohormigonera. Por tal podemos generalizar el resultado obtenido para todos expedientes técnicos que basan sus cálculos de costos y presupuestos en función a mezcladoras de 11p3 influye positivamente.

Figura 18

Comparación de Rendimientos - Cuadrilla autohormigonera



Resumiendo, la evaluación de la cuadrilla mezcladora autohormigonera de la obra pavimento urbano en el distrito de Cajay, Huari 2018. Indicamos los siguientes

- Desde un punto de vista particular la productividad alcanzada por la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera influyen positivamente en relación al expediente que basan sus cálculos de costos en mezcladoras de 11p3, por las siguientes razones.

⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 102.13% por tal tuvo influencia positiva del 2.13%.

⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue positiva por tener una eficiencia del 217.41%.

⇒ En un balance general se demostró que todos los días que existió este frente se logró obtener resultados positivos debido a que los recursos reales que se usaron para realizar la producción del concreto para el pavimento urbano, son menores a lo proyectado (Expediente Técnico).

⇒ Se demostró que la producción de concreto lo puede realizar en el plazo contractual, con una amplia holgura teniendo así una productividad sustentable respecto a plazos.

- Para un proyecto de la región o país, que basan sus cálculos de costos y presupuestos en mezcladoras de 11p alcanzaran una productividad positiva mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera, sin embargo, deberá realizar su estimación del flete de traslado del equipo.

5.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS CUADRILLAS.

Este acápite resume el estudio de las tres cuadrillas de producción de concreto de la obra investigada desde los dos puntos de vista estudiada: (1) productividad en función a costos de producción y (2) productividad en función a tiempos de producción. Así obtener conclusiones valederas que podrían tomar como referencia los contratistas de la zona en estudio, y por inducción la región y país que tengan la oportunidad de ejecutar pavimentos urbanos.

Realizando un consolidado de todos los estudios previos obtenemos la Tabla 28 donde mostramos la variable independiente proceso de producción de concreto entre sus tres cuadrillas en estudio y la variable dependiente productividad desde la óptica de costos y tiempos de producción todos ellos a partir de la Línea base del expediente técnico (100%) y observamos que de las tres cuadrillas, la mezcladora trompo es quien obtiene la menor productividad en términos de costos y tiempos seguido por la cuadrilla tolva y la autohormigonera quien obtiene los mejores resultados.

Tabla 28

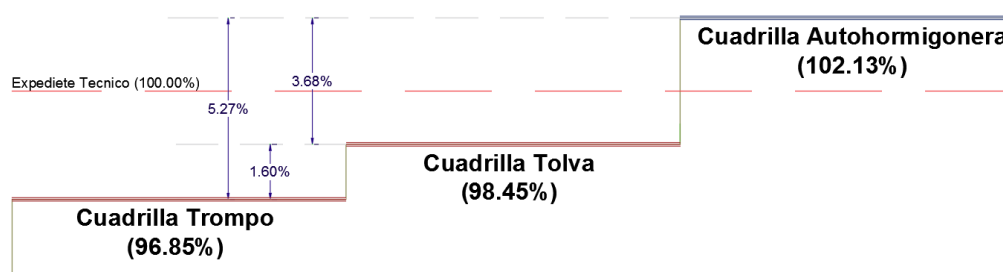
Comparación Final de Resultados.

	Variables en Estudio	Productividad	
		Costos de producción.	Tiempo (eficiencia)
Proceso de producción de concreto.	Trompo	96.85%	75.95%
	Tolva	98.45%	93.14%
	Autohormigonera	102.13%	217.41%

Con estos datos podemos extraer la Figura 19 y mencionar que la productividad en función de costos, la mezcladora tolva le da una ventaja de 1.60% y la autohormigonera el 5.27% a la cuadrilla de la mezcladora trompo; como también de 3.68% entre tolva y autohormigonera distinguimos así la poca holgura que existe entre estos. Datos relevantes que ayuda a no sobrestimar las ganancias al cambiar la cuadrilla en el proceso de producción de concreto, es muy importante no bajar la guardia con la cuadrilla tolva, y tener cuidado en el costo de alquiler de autohormigonera como también el flete que en caso que algún contratista desee trasladarlo de las grandes ciudades a las zonas internas de nuestro país.

Figura 19

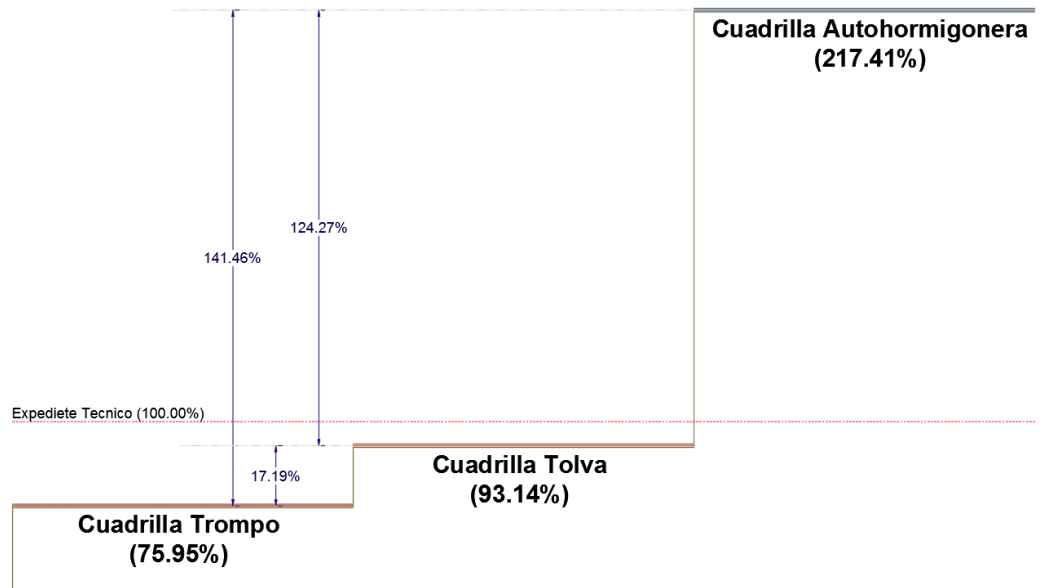
Productividad - Costos de Producción.



Así mismo aclaramos con la **Figura 20** referente a la productividad respecto a los tiempos de producción que la mezcladora tolva le da una ventaja de 17.19% y la autohormigonera de 141.46% a la cuadrilla de la mezcladora trompo; como también de 124.27% entre tolva y autohormigonera.

Figura 20.

Productividad - Tiempos De Producción.



CONCLUSIONES

Mediante la prueba estadística ANOVA de una vía concluimos que el proceso de producción de concreto de cemento portland incide significativamente en la productividad de la obra de pavimento urbano en el distrito de Cajay Huari 2018.

1. Identificando la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora Trompo en la productividad de la obra de pavimento urbano concluimos que influyó negativamente en relación al expediente técnico por las siguientes razones:

⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 96.85% por tal tuvo influencia negativa del 3.15%.

⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 75.95%.

2. Identificando la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora Tolva en la productividad de la obra de pavimento urbano concluimos que influyó negativamente en relación al expediente técnico por las siguientes razones:

⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 98.45% por tal tuvo influencia negativa del 1.55%.

⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue negativa por tener solo una eficiencia del 93.14%.

3. Identificando la influencia del proceso de producción de concreto mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera en la productividad de la obra de pavimento urbano concluimos que influyen positivamente en relación al expediente técnico por las siguientes razones:

- ⇒ La productividad en función a los costos de producción alcanzó una productividad del 102.13% por tal tuvo influencia positiva del 2.13%.
- ⇒ La productividad en función a tiempos de producción fue positiva por tener una eficiencia del 217.41%.

RECOMENDACIONES

- En obras similares los plazos estipulados no serían alcanzados con una sola cuadrilla de la mezcladora trompo por lo que se recomienda que en un caso crítico donde la única opción de producción de concreto sea con la mezcladora trompo se amplíe a dos frentes en paralelo con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento.
- En caso de trabajar con la cuadrilla de la mezcladora Tolva en obras similares recomendamos que se amplíe otro frente, con sus respectivos materiales, cuadrilla de encofradores y manos calificadas para el acabado final del pavimento, para culminar la meta en los plazos estipulados.
- Para un proyecto de la región, que basan sus cálculos de costos y presupuestos en mezcladoras de 11p en el expediente técnico, se alcanzara una productividad positiva mediante la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera, sin embargo, se recomienda realizar el estudio del costo de alquiler de la autohormigonera debido a que fluctúa bastante por nuestro medio así mismo incorporara el flete de traslado del equipo en esta investigación se obvio el flete puesto que la maquinaria estaba a tan solo 8 km.
- Se debe tener en cuenta que a pesar que el cubicaje de la autohormigonera es de 3 m³, es lógico pensar que se deberá llenar al día la cantidad de paños múltiplos de 3 por cubo, pero esto no ocurre porque siempre la maquina volverá por un viaje más, por lo tanto, se recomienda aprovecha ese viaje para que cargue para un paño de más por lo tanto la producción óptima obedecerá.
- La productividad depende de la cercanía del punto de preparación de la mezcla y el lugar de vaciado, por lo tanto, se recomienda a los contratistas que se destine

puntos de acopios de los agregados cada 30 metros como máximo para 1 cuadrilla de la mezcladora trompo y 70 metros para una cuadrilla de tolva.

- En toda obra el orden y limpieza deberá estar presente cada día en obra puesto que influye en gran medida debido a que si encuentra obstáculos al momento de trasladar la mezcla se perderán segundos por cada viaje y eso es relevante al final.
- Una limitante de la autohormigonera es la cantidad de encofrado disponible en campo, se recomienda a los contratistas que se deberá tener como mínimo para 45 paños de encofrado, de los cuales mínimos se deberá tener para el día 15 armados, al día siguiente los otros 15.
- Para una mayor productividad se deberá considerar un aditivo para volverlo más fluido la mezcla (plastificante), una gran demora se produce cuando las maquinarias descargan la mezcla, esto es de mayor relevancia en la autohormigonera.
- Se recomienda a los consultores de la región de no tomar la publicación de “costos y presupuestos de edificaciones” de CAPECO para estimar el presupuesto en las obras de pavimento urbano. Siendo de mayor factibilidad la bibliografía “costos y tiempos en carretera” del ingeniero Walter Ibáñez, en esta investigación se demostró que los rendimientos con esta bibliografía son similares.
- Queda abierta realizar una investigación de la productividad en otra obra de pavimento urbano usando las mezcladoras de 11p3 con un expediente que plantee el rendimiento de 16 m³/día propuesto por el ingeniero Walter Ibáñez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaejos Gutiérrez, P., & Fernández Cánovas, M. (1996). Hormigón de alto rendimiento: requisitos para materiales constituyentes y proporción de mezcla. *ACI*, 233-241.
- Arce Francia, J. F. (2018). *"Nivel de productividad en el encofrado y vaciado de concreto armado empleando encofrados metálicos y auto hormigoneras, respectivamente, en la obra: reconstrucción y equipamiento de I.E.P Santa Inés – Yungay – Ancash, 2016"*. Huaraz: UNASAM.
- Castillo, C. J. (2003). *Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras civiles por administración directa en Huaraz*. Huaraz: UNASAM.
- Chan Yam, J. L., Carcaño, R. S., & Moreno, É. I. (2003). Influencia de los agregados petreos en las características del concreto. *Ingeniería Revista Académica*, 39-46.
- Crawford, P., & Vogl, B. (2006). Medición de la productividad en la industria de la construcción. *Edificio de Investigación e Información*, 208-219.
- DNP COLOMBIA. (2017). *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito*. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación - Colombia.
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M., & Villasís-Keever, M. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Alergia Mexico*, 364-370.
- Gutiérrez Pulido, H. (2014). *Calidad y Productividad*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

- Ibañez, W. (2010). *Costos y Tiempos en Carreteras*. Lima: Macro.
- López Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Morales, N. S., & Galeas, J. C. (2006). *Diagnóstico Y Evaluación De La Relación Entre El Grado De Industrialización Y Los Sistemas De Gestión Con El Nivel De Productividad En Obras De Construcción*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- MTC, M. (2014). *Manual De Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos"*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Nasir, H., Ahmed, H., Haas, C., & Goodrum, P. (2013). An analysis of construction productivity differences between Canada and the United states. *Construction Management and Economics* , 1-13.
- Nilson, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Concreto*. Colombia: McGraw-Hill.
- Norma CE.010 - Pavimentos Urbanos, R. (2010). *Norma CE.010 - Pavimentos Urbanos*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Oré Torre, J. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto*. Lima: SENCICO.
- Orihuela P, O. J. (2010). *Manual para Propietarios*. Lima: Corporación Aceros Arequipa S.A.
- Orihuela P, Orihuela J, Lazo, Ulloa & die. (2010). *Manual del Maestro Constructor* . Lima: Corporación Aceros Arequipa S.A. .
- Porras, H., Sánchez, O. G., & Galvis, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Investigación en Ingeniería*, 32-53.

- Prokopenko, J. (1989). *La Gestion de la Productividad*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Ramos Salazar, J. (2003). *Costos y Presupuestos de Edificación*. Lima: Cámara Peruana de la Construcción.
- Rivva López, E. (2008). *Materiales para el Concreto*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Román, B. H. (2015). Aplicación de las metodologías construcción sin pérdidas e innovación tecnológica para la mejora de la productividad en procesos de pavimentación. *UNI - Universidad Nacional de Ingeniería*, 200.
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería*, 105-114.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero*. Colombia: Bhandar Editores.
- Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. Chile: Alfaomega.
- Thomas, R., & Raynar, K. (1997). Schedulet overtime and labor productivity: quabtitative analysis. *Journal of construction engineering and management*, 181-188.
- Zagaceta , I., & Romero, R. (2008). *El Pavimento De Concreto Hidráulico Premezclado En La Modernización Y Rehabilitación De La Avenida Arboledas*. México: Instituto Politécnico Nacional.

CAPITULO V

6. ANEXOS



Fotografía 1: a la izquierda se muestra con la línea azul el proyecto de investigación antes de la ejecución del proyecto, a la derecha se muestra la imagen satelital 2020 con la obra ya ejecutada después del proyecto.



Fotografía 2: Cubicación de los agregados.



Fotografía 3: se muestra la cuadrilla de la mezcladora trompo de 11p3 de capacidad, al momento del llenado del cemento a la tuba.



Fotografía 4: se muestra la cuadrilla de la mezcladora trompo de 11p3 de capacidad, al momento del llenado de los agregados.



Fotografía 5: se muestra la cuadrilla de la mezcladora tolva de 18p3 de capacidad, al momento del llenado de agua, llenado de a piedra chancada y traslado de la mezcla.



Fotografía 6: se muestra la cuadrilla de la mezcladora tolva de 18p3 de capacidad, al momento del traslado de la mezcla hacia los paños del pavimento.



Fotografía 7: se muestra la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera al momento del llenado del cemento.



Fotografía 8: se muestra la cuadrilla de la mezcladora autohormigonera al momento del llenado del vaciado de la mezcla.