UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de aplicación de plataforma de andamio multidireccional móvil
para cubrir grandes luces optimizando los costos de producción de
revestimiento en la construcción de centros comerciales

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Ambrosio Hinojosa, Diego Fernando (0000-0003-4909-8961)

ASESOR

Blanco Ruiz, Jorge Max (0000-0001-5180-4613)

Lima, 25 de Octubre del 2019

RESUMEN

El empleo de andamios para generar plataformas de trabajo en zonas elevadas puede encarecer el costo final de cualquier partida en construcción, el uso de andamios en la etapa de acabados es fundamental, estos trabajos de arte requieren de una plataforma cómoda y segura desde el punto de vista técnico.

El uso de andamios móviles para las partidas de acabados es una buena opción debido a la versatilidad de poder desplazarlos sin tener que desarmarlos. Idear una plataforma de trabajo que demande muy pocas piezas, no ocupe mucho espacio y pueda ser desplazada con facilidad es fundamental para disminuir los costos de arriendo y montaje.

Las estructuras de andamio se vuelven más pesadas conforme crecen más en altura. En la construcción de centros comerciales el revestimiento de los techos no solo requiere de andamios tipo torre para trabajos puntuales si no de plataformas que abarcan un área considerable de la zona a trabajar y ello se vuelve más complejo a grandes alturas.

Este trabajo de investigación aprovecha la arquitectura de los centros comerciales para usar los pasadizos o corredores laterales en altura como apoyo de la estructura de andamio y evitar que esta se apoye en el nivel más bajo, además de esto se propone una plataforma móvil para probar la versatilidad del diseño comparándola con soluciones convencionales.

Palabras clave: Andamio móvil; Plataforma de andamio; Andamio tipo puente; Andamio en centros comerciales.

Proposal for the application of mobile multidirectional scaffold platform to cover large lights optimizing the costs of coating production in the construction of commercial centers

ABSTRACT

The use of scaffolding to make platforms in high areas may increase the total price of any starting construction however is necessary in the construction finishes phase, these artistic works need a comfortable and safe platform from a technical point of view.

The use of mobile scaffolding is a good choice for finishes starting due to the versatility of move without having to disassemble, design a work platform that requires very few pieces, do not take up much place and can be easily moved is essential to reduce assembly price and rents.

Scaffolding structures become heavier as they grow taller, the roof cladding in the shopping centers build does not only need a tower shape scaffolding for specific work, it requires platforms covering a considerable work area and this turn more complex at height places

This research work takes advantage from shopping centers architecture to use the aisles or side corridors in upper floors to support the scaffolding structure and prevent it from resting on the lowest level, In addition is proposed a mobile platform to test the design versatility comparing it with conventional solutions.

Keywords: Mobile scaffold; Platform of scaffold; bridge scaffolding;

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I	16
1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ANDAMIO	16
1.1 DEFINICIÓN DE ANDAMIO	16
1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ANDAMIOS	17
1.2.1 El antiguo Egipto	18
1.2.2 China y el Lejano Oriente.....	18
1.2.3 Europa.....	19
1.2.4 Andamios en el Perú.....	21
1.3 FIJACIONES DE ANDAMIOS (CONEXIONES).....	24
1.4 NORMATIVIDAD APLICABLE	25
1.4.1 Normatividad nacional	25
1.4.2 Normatividad internacional	25
1.5 REQUISITOS GENERALES EN ANDAMIOS	26
1.5.1 Requisitos de ergonomía	26
1.5.2 Protección lateral:	26
1.5.3 Acceso al andamio:.....	28
1.5.4 Carga de trabajo:.....	28
1.6 SISTEMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL.....	31
1.6.1 Componentes del sistema de andamio multidireccional.....	32
1.7 SOLUCIONES ESTÁNDAR CON EL SISTEMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL	38
1.7.1 Andamio de fachada	39
1.7.2 Andamio tipo torre	39
1.7.3 Andamio móvil	41
CAPITULO II.....	42
2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.....	42
2.1 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO – DRYWALL – FALSO CIELO RASO	42
2.1.1 Falso Cielo Raso	43
2.1.2 Secuencia de montaje	43
2.2 ANDAMIOS EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS DE ACABADOS	45

2.3	ESCENARIO PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.	49
2.4	INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL.	54
2.4.1	Pesos promedio de los componentes de andamio según fabricantes en el mercado	54
2.4.2	Resistencia admisible del nudo o conexión:.....	56
2.5	PASOS PARA ELABORAR LA PROPUESTA DE ANDAMIO.....	56
CAPITULO III		58
3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.....		58
3.1	ELECCIÓN DEL MODELO PARA LA PROPUESTA DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.....	58
3.1.1	Necesidad de plataforma de andamio:.....	58
3.1.2	Pre dimensionamiento de la geometría del andamio:.....	59
3.1.3	Análisis de la sobre carga, trabajos a Realizar:	61
3.2	COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DE LA PROPUESTA.....	62
3.2.1	Objeto del documento.....	62
3.2.2	Descripción de los materiales	63
3.2.3	Características de los materiales.....	63
3.2.4	Normativa aplicada.....	64
3.2.5	Descripción de las estructuras.	64
3.2.6	Cálculos	64
3.2.7	Cargas aplicadas	66
3.2.8	Combinaciones de cargas	67
3.2.9	Imperfecciones geométricas.	68
3.2.10	Condiciones de contorno.	68
3.2.11	Comprobación de secciones. Tipo de análisis.	69
3.2.12	Comprobación de elementos estado límite servicio	71
3.2.13	Comprobación de elementos estado límite último	79
3.2.14	Conclusión del análisis	79
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE ANDAMIO MÓVIL:	81
3.3.1	Apoyos.....	81

3.3.2	Primer cuerpo en altura.....	82
3.3.3	Diagonalización en planta y refuerzo de apoyos	84
3.3.4	Segundo cuerpo en altura	85
3.3.5	Protección lateral	86
3.3.6	Acceso	86
3.3.7	Protección colectiva.....	87
3.4	PROCESO DE MONTAJE:.....	88
CAPÍTULO IV.....		94
4 COMPARACIÓN DE LA PROPUESTA CON SOLUCIONES		
CONVENCIONALES.....		94
4.1	INFORMACIÓN PREVIA PARA REALIZAR EL COMPARATIVO	95
4.1.1	Codificación de los Ítems del sistema multidireccional.....	95
4.1.2	Definición de los pesos de los Ítems del sistema multidireccional.....	97
4.1.3	Definición de los costos de arriendo por mes de los Ítems del sistema multidireccional.....	99
4.2	PROPUESTAS PARA REALIZAR EL COMPARATIVO	102
4.2.1	Torre de andamio móvil, denominada P1.....	103
4.2.2	Plataforma de andamio de 3.07 x 10.28, denominado P2.....	104
4.2.3	Plataforma de andamio de 5.14 x 10.28, denominado P3	105
4.2.4	Plataforma de andamio móvil de 7.71 x 10.35, denominado P4.....	107
4.3	METRADOS, PESOS Y COSTOS POR SOLUCIÓN	107
4.3.1	Pesos por solución P1, P2, P3 y P4.....	107
4.3.2	Costos de mano de obra por montaje de andamios por solución P1, P2, P3 y P4. 116	
4.3.3	Costos por mano de obra en la instalación de revestimiento por solución P1, P2, P3 y P4.....	118
4.4	COMPARATIVO DE COSTOS POR SOLUCIÓN:.....	119
4.5	AHORROS:.....	123
4.6	LIMITACIONES DE LA PROPUESTA:	125
4.7	VENTAJAS DE LA PROPUESTA:.....	126
4.8	CONCLUSIONES	126
4.9	RECOMENDACIONES	128

5	BIBLIOGRAFÍA	130
6	GLOSARIO.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN ANDAMIO	17
FIGURA 2: EGIPCOS TRABAJANDO SOBRE ANDAMIOS.....	18
FIGURA 3: SISTEMA DE FIJACIÓN SCAFFIXER.....	20
FIGURA 4: RECONSTRUCCIÓN DEL PALACIO BUCKINGHAM EN LONDRES.....	20
FIGURA 5: ILUSTRACIÓN DE LA FIJACIÓN UNIVERSAL	20
FIGURA 6: ANDAMIOS DE MADERA	21
FIGURA 7: ANDAMIOS DE MARCO – “TIPO ACROW”	22
FIGURA 8: LÍNEA DE TIEMPO DE LOS ANDAMIOS EN PERÚ	24
FIGURA 9: CONEXIONES DE ANDAMIOS INDUSTRIALIZADOS	24
FIGURA 10: DIMENSIONES ERGONÓMICAS.....	27
FIGURA 11: DIMENSIONES DE LA PROTECCIÓN LATERAL	27
FIGURA 12: CARGAS DE SERVICIO EN LAS ÁREAS DE TRABAJO	28
FIGURA 13: REPRESENTACIÓN DEL CONECTOR INTEGRAL.....	31
FIGURA 14: REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL	32
FIGURA 15: ESQUEMA REFERENCIAL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	33
FIGURA 16: VERTICALES 	34
FIGURA 17: HORIZONTALES.....	34
FIGURA 18: DIAGONALES	35
FIGURA 19: PLATAFORMAS METÁLICAS.....	35
FIGURA 20: PLATAFORMAS CON TRAMPILLA.....	36
FIGURA 21: ROSETA.....	36
FIGURA 22: RODAPIÉ	37
FIGURA 23: PIEZA DE ARRANQUE.....	37
FIGURA 24: BASE	38
FIGURA 26: ANDAMIO DE FACHADA (ISOMETRÍA).....	39
FIGURA 27: ANDAMIO TIPO TORRE.....	40

FIGURA 28: ANDAMIO MÓVIL – MÓDULO SIMPLE	41
FIGURA 29: ANDAMIO MÓVIL – TORRE H=20.00M.....	41
FIGURA 30: SOLUCIÓN DE FALSO CIELO RASO CON SISTEMA EN SECO DRYWALL	43
FIGURA 31: ESQUEMA DE TRAZADO DE ESTRUCTURA PORTANTE BAJO LOSA.....	43
FIGURA 32: ESQUEMA DE TRAZADO DE ESTRUCTURA PORTANTE BAJO ESTRUCTURA DE ACERO.	44
FIGURA 33: INSTALACIÓN DE TENSORES.....	44
FIGURA 34: INSTALACIÓN DEL PERFIL CANAL PERIMETRAL Y PERFIL PORTANTE PRINCIPAL	44
FIGURA 35: INSTALACIÓN DEL PERFIL OMEGA.....	45
FIGURA 36: INSTALACIÓN DE PLANCHAS	45
FIGURA 37: ANDAMIO FIJO PARA TRABAJOS EN FACHADA	46
FIGURA 38: ANDAMIO FIJO CON VOLADO HACIA UN LATERAL	47
FIGURA 39: ANDAMIO FIJO, APOYO DERECHO CON MUCHO DESNIVEL.....	47
FIGURA 41: ANDAMIO MÓVIL CON VOLADO, PARA TRABAJOS DE PINTURA	49
FIGURA 42: ANDAMIOS MÓVILES SIMPLES PARA TRABAJOS DE REVESTIMIENTO EN MUROS	49
FIGURA 43: ESCENARIO CON 04 NIVELES DE ALTURA – EN CONSTRUCCIÓN	50
FIGURA 44: ESCENARIO CON 02 NIVELES DE ALTURA - CONSTRUIDO	50
FIGURA 45: ESCENARIO CON 02 NIVELES DE ALTURA - CONSTRUIDO	50
FIGURA 46: ESCENARIO CON 04 NIVELES DE ALTURA - CONSTRUIDO	51
FIGURA 47: ESCENARIO CON 02 NIVELES DE ALTURA - CONSTRUIDO	51
FIGURA 48: ESCENARIO CON 03 NIVELES DE ALTURA – EN PROYECTO	52
FIGURA 49: PROYECTOS DE CENTROS COMERCIALES HACIA EL 2019.....	53
. FIGURA 50: PROYECTOS DE CENTROS COMERCIALES HASTA EL 2018.....	53
FIGURA 51: FLUJOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL	57
FIGURA 52: PLANTA GENERAL DEL CENTRO COMERCIAL SUR – ZONA A TRABAJAR	59
FIGURA 53: SECCIÓN TRANSVERSAL CENTRO COMERCIAL SUR – ZONA A TRABAJAR	59
FIGURA 54: ESQUEMA DE LA PROPUESTA, VISTA EN ELEVACIÓN – ZONA A TRABAJAR.....	60
FIGURA 55: ESQUEMA DE LA PROPUESTA - VISTA EN PLANTA – ZONA A TRABAJAR	60

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	60
FIGURA 56: MODELO GLOBAL DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.....	60
FIGURA 57: VISTA EN PLANTA DE LA PROPUESTA DE ANDAMIO MÓVIL – ANÁLISIS DE LA SOBRE CARGA POR ALMACENAMIENTO DE PLANCHAS DE DRYWALL	62
FIGURA 58: DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA DE ANDAMIO MÓVIL PARA CADA ACTIVIDAD, VISTA EN PLANTA, SE MUESTRAN 08 DESPLAZAMIENTOS	62
FIGURA 59: PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL DE 7.71M X 10.35M X H=4.50 + 1.00M DE BARANDA.....	65
FIGURA 60: MODELO ESTRUCTURAL.....	66
FIGURA 61: CARGA MUERTA APLICADA AL MODELO ESTRUCTURAL.....	69
FIGURA 62: SOBRE CARGA DE USO APLICADA AL MODELO ESTRUCTURAL	70
FIGURA 63: CARGA HORIZONTAL 1 APLICADA AL MODELO ESTRUCTURAL.....	70
FIGURA 64: CARGA HORIZONTAL 1 APLICADA AL MODELO ESTRUCTURAL.....	71
FIGURA 65: CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA DE ACERO DE 3.07M.....	71
FIGURA 66: CAPACIDAD DE CARGA DE LAS BARRAS HORIZONTALES DE 3.07M.	72
FIGURA 67: CAPACIDAD DE CARGA DE LAS BARRAS HORIZONTALES DE 3.07M.	72
FIGURA 68: RESISTENCIA O CARGA ADMISIBLE EN LA ROSETA.....	73
FIGURA 69: VERIFICACIÓN EN ELS DEL MOMENTO MÁXIMO DE LAS CONEXIONES	73
FIGURA 70: CAPACIDAD DE CARGA EN LOS VERTICALES SEGÚN SU ARROSTRAMIENTO.	74
FIGURA 71: VERIFICACIÓN EN ELS DE LAS FUERZAS AXIALES EN LAS BARRAS VERTICALES.....	75
FIGURA 72: CAPACIDAD DE CARGA DE LAS DIAGONALES.	75
FIGURA 73: VERIFICACIÓN EN ELS DE LAS FUERZAS AXIALES EN LAS BARRAS.....	76
FIGURA 74: CAPACIDAD DE CARGA DE LAS PLACAS BASES ROSCADAS.	76
FIGURA 75: VERIFICACIÓN EN ELS DE LAS FUERZAS AXIALES LAS PLACAS BASES.....	77
FIGURA 76: CAPACIDAD DE CARGA DE LAS GARRUCHAS.....	77
FIGURA 77: VERIFICACIÓN EN ELS Y CM DE LAS FUERZAS AXIALES LAS PLACAS BASES.....	78
FIGURA 78: VERIFICACIÓN DE DEFORMACIÓN MÁXIMA EN LA ESTRUCTURA.....	78
FIGURA 79: COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO EN SOFTWARE SAO 2000.....	79
FIGURA 80: VERIFICACIÓN DE LA BARRA MÁS DESFAVORABLE.....	80

FIGURA 81: MODELO GLOBAL DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL.....	81
FIGURA 82: APOYOS MÓVILES DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO	82
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	82
FIGURA 83: DESARROLLO DEL PRIMER CUERPO DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO – SIN DIAGONALES.....	83
FIGURA 84: DESARROLLO DEL PRIMER CUERPO DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO – CON DIAGONALES... ..	83
FIGURA 85: DETALLE DE ELEMENTOS AUXILIARES Y DE REFUERZO PARA PRIMER CUERPO	84
FIGURA 86: DETALLE DE DIAGONALIZACIÓN EN PLANTA Y REFUERZO DE APOYOS	84
FIGURA 87: DESARROLLO DEL SEGUNDO CUERPO EN ALTURA – NO SE MUESTRAN PLATAFORMAS	85
FIGURA 88: DISTRIBUCIÓN DE PLATAFORMAS DE ACERO EN SEGUNDO CUERPO	85
FIGURA 89: DISTRIBUCIÓN DE PLATAFORMAS DE ACERO EN SEGUNDO CUERPO	86
FIGURA 90: UBICACIÓN DEL ACCESO	86
FIGURA 91: INSTALACIÓN DE MALLA RASCHEL	87
FIGURA 92: INSTALACIÓN DE 02 EJES DE LÍNEAS DE VIDA	87
FIGURA 93: ZONA PARA EL MONTAJE DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL.....	89
FIGURA 94: FIJACIÓN DE LAS PIEZAS DE ANDAMIO EN LA ROSETA	89
FIGURA 95: INSTALACIÓN DE LOS APOYOS PRINCIPALES DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO, VISTA EN PERSPECTIVA EN PLANOS (IZQUIERDA), VISTA REAL (DERECHA).....	90
FIGURA 96: INSTALACIÓN DEL PRIMER CUERPO EN ALTURA DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO, VISTA EN PERSPECTIVA EN PLANOS (IZQUIERDA), VISTA REAL (DERECHA).....	90
FIGURA 97: VISTA DEL MONTAJE DESDE OTRO ÁNGULO, SE PUEDEN APRECIAR LOS APOYOS AUXILIARES..	91
FIGURA 98: INSTALACIÓN DEL SEGUNDO Y ÚLTIMO CUERPO EN ALTURA DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO, VISTA EN PERSPECTIVA EN PLANOS (IZQUIERDA), VISTA REAL (DERECHA).	91
FIGURA 99: RETIRANDO LOS APOYOS AUXILIARES PARA PROCEDER CON EL DESPLAZAMIENTO.	92
FIGURA 100: DESPLAZAMIENTO DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL.	92
FIGURA 101: POSICIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL EN ZONA DE TRABAJO	92
FIGURA 102: POSICIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL EN ZONA DE TRABAJO, VISTA INFERIOR.....	93
FIGURA 103: PROPUESTAS PRESENTES EN EL MISMO ESPACIO, IZQUIERDA (PROPUESTA P1), CENTRO (PROPUESTA P2 Y P3) Y DERECHA (PROPUESTA P4)	103

TABLA 10: CODIFICACIÓN POR SOLUCIÓN EN ALTURA DE LA PROPUESTA P1 – TORRES DE ANDAMIO	103
FIGURA 104: MODELO DE TORRES MÓVILES DE H=10.00M (P1-10) Y 18.00M (P1-18)	104
FIGURA 105: MODELO DE PLATAFORMAS DE ANDAMIO MÓVIL DE 3.07M DE ANCHO Y H=10.00M (P2-10) Y H=18.00M (P2-18)	105
FIGURA 106: MODELO DE PLATAFORMAS DE ANDAMIO MÓVIL DE 5.14M DE ANCHO Y H=10.00M (P3-10) Y H=18.00M (P3-18)	106
FIGURA 107: DESPLAZAMIENTOS DE LAS TORRES DE ANDAMIO MÓVIL (P1) PARA CADA ACTIVIDAD, VISTA EN PLANTA, SE MUESTRAN 60 DESPLAZAMIENTOS.	113
FIGURA 108: DESPLAZAMIENTOS DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL (P2) PARA CADA ACTIVIDAD, VISTA EN PLANTA, SE MUESTRAN 21 DESPLAZAMIENTOS.	114
FIGURA 109: DESPLAZAMIENTOS DE LA PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL (P3) PARA CADA ACTIVIDAD, VISTA EN PLANTA, SE MUESTRAN 12 DESPLAZAMIENTOS.	115
FIGURA 110: COSTOS DE HORA HOMBRE EN EDIFICACIONES (EN NUEVOS SOLES).	116

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: NÚMERO DE NIVELES, ALTURAS Y ANCHURAS	54
TABLA 2: PESOS PROMEDIO DE LOS COMPONENTES DE ANDAMIO SEGÚN FABRICANTES EN EL MERCADO	55
TABLA 3: RESISTENCIAS ADMISIBLES DEL NUDO.....	56
TABLA 4: COMPROBACIÓN DEL MOMENTO FLECTOR MÁXIMO EN LA CONEXIÓN.....	74
TABLA 5: COMPROBACIÓN DE LA FUERZA VERTICAL EN LA CONEXIÓN.	74
TABLA 6: CODIFICACIÓN POR CADA ÍTEM DEL SISTEMA DE ANDAMIO	95
TABLA 7: PESO POR ÍTEM CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS.....	97
TABLA 8: COSTOS EN SOLES POR ÍTEM CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS	100
TABLA 9: CODIFICACIÓN POR PROPUESTAS	102
TABLA 10: CODIFICACIÓN POR SOLUCIÓN EN ALTURA DE LA PROPUESTA P1 – TORRES DE ANDAMIO MÓVILES	103
TABLA 11: CODIFICACIÓN POR SOLUCIÓN EN ALTURA DE LA PROPUESTA P2 – PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL DE 3.07M DE ANCHO	104
TABLA 12: CODIFICACIÓN POR SOLUCIÓN EN ALTURA DE LA PROPUESTA P3 – PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL DE 5.14M DE ANCHO	106
TABLA 13: METRADO Y PESO TOTAL (KG) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE ANDAMIO P1.....	107
TABLA 14: METRADO Y PESO TOTAL (KG) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE ANDAMIO P2.....	108
TABLA 15: METRADO Y PESO TOTAL (KG) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE ANDAMIO P3.....	109
TABLA 16: METRADO Y PESO TOTAL (KG) POR LA PROPUESTA DE ANDAMIO P4.....	109
TABLA 17: METRADO Y COSTO DE ARRIENDO MENSUAL (S/.) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA P1110	
TABLA 18: METRADO Y COSTO DE ARRIENDO MENSUAL (S/.) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA P2110	
TABLA 19: METRADO Y COSTO DE ARRIENDO MENSUAL (S/.) POR CADA SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA P3111	
TABLA 20: METRADO Y COSTO DE ARRIENDO MENSUAL (S/.) PARA LA PROPUESTA P4.....	111
TABLA 21: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA 01 TORRE MÓVIL (P1), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M.	113
TABLA 22: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA 06 TORRES MÓVILES (P1), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M	113

TABLA 23: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA 01 PLATAFORMA MÓVIL (P2), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M	114
TABLA 24: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA 02 PLATAFORMA MÓVIL (P2), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M	114
TABLA 25: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA LA PLATAFORMA MÓVIL (P3), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M	115
TABLA 26: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA 02 PLATAFORMA MÓVIL (P3), ALTURAS DE 10.00M A 20.00M	115
TABLA 27: COSTOS POR ARRIENDO AL MES PARA LA PLATAFORMA MÓVIL (P4).....	116
TABLA 28: COSTOS POR MONTAJE DE TORRES MÓVILES X 06 JUEGOS (P1).....	117
TABLA 29: COSTOS POR MONTAJE PLATAFORMA MÓVIL X 02 JUEGOS (P2).....	117
TABLA 30: COSTOS POR MONTAJE PLATAFORMA MÓVIL X 02 JUEGOS (P3).....	117
TABLA 31: COSTOS POR MONTAJE PLATAFORMA MÓVIL (P4)	117
TABLA 32: RENDIMIENTOS EXTRAÍDOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA PARTIDA DE REVESTIMIENTO (P4)	118
TABLA 33: COSTOS POR MANO DE OBRA EN LA INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA PORTANTE POR PROPUESTA	118
TABLA 34: COSTOS POR MANO DE OBRA EN LA INSTALACIÓN DE DRYWALL Y MASILLADO POR PROPUESTA	119
TABLA 35: COSTOS POR MANO DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE MASILLADO FINAL Y ACABADO POR PROPUESTA	119
TABLA 36: RESUMEN DE COSTOS DE MANO DE OBRA ASOCIADO A LA INSTALACIÓN DE FALSO CIELO	119
TABLA 37: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=10.00M.....	121
TABLA 38: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=12.00M.....	121
TABLA 39: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=14.00M.....	122
TABLA 40: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=16.00M.....	122
TABLA 41: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=18.00M.....	122
TABLA 42: RESUMEN DE COSTOS TOTAL A H=20.00M.....	122
TABLA 43: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=10.00M	123
TABLA 44: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=12.00M	123
TABLA 45: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=14.00M	124

TABLA 46: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=16.00M	124
TABLA 47: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=18.00M	124
TABLA 48: PORCENTAJE DE AHORRO FRENTE A LA PROPUESTA P4 PARA H=20.00M	124

ÍNDICE DE FIGURAS

GRÁFICO 1: <i>ALTURA VS ARRIENDO POR PROPUESTA</i>	120
GRÁFICO 2: <i>ALTURA VS PESO POR PROPUESTA</i>	120
GRÁFICO 3: <i>ALTURA VS RATIO 2</i>	120
GRÁFICO 4: <i>COSTO DE MONTAJE VS ALTURA</i>	121
GRÁFICO 5: <i>COSTO TOTAL VS ALTURA</i>	123

CAPITULO I

El siguiente capítulo tiene como finalidad dar a conocer el sistema de andamio multidireccional desde sus inicios hasta la actualidad, se muestra la evolución del sistema de andamio con respecto al tiempo, así como de sus normativas las cuales regulan su fabricación, uso y comercialización en la industria en general.

1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ANDAMIO

1.1 Definición de andamio

En situaciones en las que queremos realizar alguna actividad que demande estirar alguna de nuestras extremidades para alcanzar algún nivel o posición superior al que nuestro cuerpo no pueda realizarlo por sí mismo requerimos de un medio auxiliar como puede ser un banco, silla o escalera, pero en ocasiones en las que queramos contar con una superficie mayor para desplazarnos con facilidad o para apoyar nuestros materiales o herramientas, incluso contar con distintos niveles de trabajo a la vez a este medio auxiliar en la industria de la construcción se le conoce como andamio.

“Es una estructura provisional de madera o metal, que permite mantener plataformas horizontales y elevadas utilizadas para sostener personas, materiales y herramientas necesarias para la ejecución de trabajos en altura”. (Inacal 1984: 3)

“Los andamios se montarán de manera que sean eficientemente resistentes y seguros, que no obstaculicen ni impidan la ejecución de los trabajos o el tránsito que en ellos o en su cercanía se realice, manteniendo siempre las condiciones de seguridad para el público y para quienes trabajan.” (Inacal 1985: 37)

El andamio es una estructura compuesta de diversas piezas todas ellas muy importantes para garantizar la seguridad y estabilidad del mismo y así pueda ser usado preservando la integridad de sus ocupantes y terceros que se encuentran en los alrededores de la zona de trabajo, los parámetros que definen la seguridad de la estructura se encuentran en las normativas nacionales vigentes en cada país.

La estructura de andamio puede ser fabricada con madera o metal o algún otro material de construcción similar que sea fácil y seguro de manipular por personas. Las personas a su vez deberán tener la capacidad física y la aptitud necesaria para realizar trabajos en altura a fin

de evitar algún accidente a consecuencia del montaje.¹ La imagen 01 muestra a modo de esquema como está compuesto un andamio,

Generalmente es una estructura temporal debido a que su necesidad se limita al tiempo que demande trabajar sobre el andamio, una vez concluido el trabajo la estructura de andamio es desarmada y si es necesario llevada hacia un nuevo lugar de trabajo para ser armada nuevamente.

Debido a la constante rotación del andamio y gracias a la industrialización se ha buscado desarrollar sistemas de andamio con piezas prefabricadas para que resulte fácil el armar, desarmar y transportar estas estructuras.

Figura 1: Representación esquemática de un andamio

Fuente: Inacal 1985:25

1.2 Reseña histórica de los andamios

En el mundo de la construcción es frecuente el uso de estructuras auxiliares para facilitar y agilizar una labor que nos demande posicionarnos para lograr alcanzar algún nivel que nuestro cuerpo no pueda acceder por sí mismo, para ello requerimos de un medio auxiliar como puede ser una silla, un banco o escalera debido a la ausencia de una plataforma donde pisar.

“El andamio es una estructura provisional de madera o metal, que permite mantener plataformas horizontales y elevadas utilizadas para sostener personas, materiales y herramientas necesarias para la ejecución de trabajos en altura”. (Inacal 1984: 3)

¹ Cfr. Inacal 1985: 4

Solemos pensar que los andamios es una solución bastante moderna, pero si nos remontamos a la antigüedad sabemos que el ser humano siempre anhelo la construcción de monumentos muy altos y para tal fin el andamio pudo haber ha sido el equipo auxiliar para lograr estos sueños. Puede ser que le sorprenda saber que las pinturas rupestres de Lascaux, Francia probablemente se hicieron con la ayuda de andamios. Enchufes en las paredes alrededor de las obras de arte sugieren que un sistema de andamiaje primitivo fue probablemente utilizado para llegar a las partes más altas de la cueva hace más de 17.000 años.

1.2.1 El antiguo Egipto

Los egipcios utilizaron rampas de madera y andamios para construir las pirámides, ver figura 2. El historiador Heródoto escribió:

"Al principio, (la pirámide) se construyó con escalones, como una escalera .Las piedras destinadas a ser utilizadas en la construcción de las pirámides fueron levantadas por medio de un corto andamio de madera. De esta manera, se plantearon desde la tierra hasta el primer paso de la escalera; allí se establecieron en otro andamio, por medio de la cual se plantearon a la segunda etapa. Los dispositivos de elevación se proporcionan para cada paso, en caso de que estos dispositivos no eran lo suficientemente ligero como para ser fácilmente movido hacia arriba desde el paso a paso una vez que la piedra había sido removida de ellos. Me han dicho que se utilizaron ambos métodos, y así que ambos mencionar aquí. El acabado de despegue se inició en la parte superior, y continuó a la baja hasta el nivel más bajo" (Choisy 1904: 101)

Figura 2: Egipcios trabajando sobre andamios

Fuente: Choisy 1904: 101

1.2.2 China y el Lejano Oriente

En esta zona del planeta, se ha venido empleando andamio de bambú desde hace más de 5.000 años. Debido a la abundancia de este material ha sido y es el material para construcción de estructuras permanentes y temporales. Los andamiajes son trabajados buscando realizar marcos amarrados por cuerdas. Aunque es bastante ligero, estos son lo suficientemente resistente como para soportar el peso de los trabajadores y equipos. Una de las ventajas de

bambú es que es ligero y portátil, así que es fácil moverse de un sitio a otro. Por peso y durabilidad no se requiere de maquinaria para montar el andamio, este puede ser desmontado al final y transportado para otro proyecto. El bambú sigue siendo ampliamente utilizado en otros países asiáticos.

1.2.3 Europa

Durante la época victoriana aparecieron empresas de andamio individuales para poder atender proyectos que se realizaban en ese entonces impulsados por la revolución industrial. Los andamios empleados en los proyectos seguían siendo a base de piezas de madera de diversos tamaños, las uniones se fijaban por medio de clavos o ataduras con cuerdas, siendo la segunda más usada para evitar dañar las piezas de madera.

En 1906 la empresa Scaffolding Great Britain (SGB) fundada por Daniel Palmer Jones y su hermano revolucionaron el sistema de andamio con la invención de la "Scaffixer", un dispositivo de acoplamiento que era mucho más robusto que la cuerda que había sido utilizado previamente para fijar los nudos de los andamios de madera, consistía en un sistema de cadenas reguladas por un tornillo tipo mariposa, ver figura 3. El Scaffixer ganó cierta popularidad útil cuando la empresa fue el encargado de llevar a cabo trabajos de construcción en el Palacio de Buckingham en 1913, ver figura 4.

En 1919 SGB desarrolla el "Universal Coupler" (Fijación universal) revolucionando aún más la industria de los andamios, ver figura 5, puesto que se puso en práctica el empleo de tuberías de agua de acero de sección circular y desplazando el empleo de postes de madera que tradicionalmente habían sido utilizados en los andamios. Desde este entonces en adelante este medio de fijación sigue siendo el estándar de la industria en la actualidad.

Esta patente permitió dimensiones estandarizadas que dio lugar a mutabilidad industrial de piezas y mejoras en la estabilidad estructural de los andamios. La introducción de refuerzos diagonales trajo aún más estabilidad para construcciones con mayor altura.

En la industria de la construcción la conexión universal también es conocida con el nombre de grapa o abrazadera. Con el pasar del tiempo esta conexión fue mutando y dio pie a la invención y fabricación de sistemas de andamio prefabricados.

Figura 3: Sistema de fijación Scaffixer

Fuente: SGB 2018: 6

Figura 4: Reconstrucción del Palacio Buckingham en Londres

Fuente: SGB 2018: 7

Figura 5: Ilustración de la fijación universal

Fuente: Inacal 1985:27

1.2.4 Andamios en el Perú

La evolución de los andamios en el territorio nacional es casi nueva, actualmente nuestro país posee normativas que describen sistemas de andamios constituidos por elementos de madera, ver figura 6 y muy poca información para andamios industrializados, en los últimos años debido al llamado “Boom de la Construcción” la exigencia de emplear sistemas de andamios que se encuentren certificados es casi un requisito para que puedan ser empleados en la construcción, sin tener en cuenta que no existe exigencia alguna para una homologación en nuestro país para empresas transnacionales que ingresan a nuestro mercado si bien es cierto con una certificación válida pero para su país de origen.

Figura 6: *Andamios de madera*

Fuente: Inacal 1985: 13

A inicios de los años 50 la empresa Acrow Formwork & Scaffolding ingresa a nuestro mercado siendo uno de las pioneras en ofrecer sistemas de encofrado y andamios industrializados, tuvo una competencia dura con el material de construcción por excelencia que hasta el momento era la madera, no logró desplazarla del todo puesto que nuestras normativas, estándares de seguridad y costumbres mantenían a la madera como materia principal para elaborar todo tipo de estructuras auxiliares. Esta empresa poco a poco fue ganando terreno a inicios de 1980, haciéndose de reconocimiento en el sector construcción, es por ello que es común escuchar en nuestro mercado el mal llamado andamio tipo Acrow, ver figura 8. Deriva su sobre nombre a la empresa que la introdujo al mercado nacional.

Figura 7: Andamios de marco – “Tipo Acrow”

Fuente: Inacal 1985: 46

A inicios del año 2000 dio pase a que nuevas transnacionales ingresen a nuestro mercado a ofrecer nuevos sistemas.

Algunas de las empresas con reconocimiento internacional que podemos encontrar en nuestro mercado son:

1.2.4.1 Acrow formwork & scaffolding ltd

Opera en Australia en 12 países, tiene una gestión de más de 50,000 toneladas de encofrados y andamios, el nombre Acrow ha estado activo en la industria de la construcción de Australia desde 1950 y su patrimonio se remonta a 1936, cuando la compañía se puso en marcha por primera vez en el Reino Unido. ACROW PERÚ S.A. Empieza a operar en Perú en setiembre de 1950, a inicios del año 2000 la empresa sufre una gran crisis.

1.2.4.2 Nopin

Es una empresa dinámica y moderna, que gracias a un equipo joven y preparado, un concepto de negocio consolidado y a un esfuerzo inversor máximo, alcanza una elevada capacidad de desarrollo nacional e internacional, pertenece a un grupo de diversas empresas que fabrican, comercializan, venden y alquilan sistemas de alta calidad para la construcción de estructuras de concreto armado para edificación y obra civil, rehabilitación de fachadas y edificios. NOPIN Y ENCOFRA S.A.C. empiezan a operar en Perú desde enero del 2014.

1.2.4.3 Layher:

Fundada en 1945 por Wihelm Layher para la producción y venta de equipos agrícolas de madera en 1958 cea la torre móvil “Rohr-Express” que sería el prototipo para todas las torres

móviles de andamio. En 1965 crean el sistema “Blitz Layher” que hasta el momento existe. Para 1974 se crea el sistema “Layher Allround”. LAYHER PERU es filial de la empresa alemana Wilhelm LAYHER GmbH & Co. KG, líder en la fabricación y comercialización de sistemas de andamios en 25 países del mundo y empieza a operar en Perú desde Noviembre del 2007.

1.2.4.4 Peri

Fundada por Artur Schworer en 1869 en Weissenhorn, Alemania, para 1975 comienzan a operar también en España. Con inventos innovadores PERI contribuyó a mejorar y racionalizar permanentemente procesos constructivos en materia de encofrados y andamios. PERI PERUANA SAC comienza a operar en Perú desde enero del año 2008 participando en importantes proyectos de construcción.

1.2.4.5 Scafom Rux

Después de la fundación de Brinkmann en 1978 por parte del Sr. Frans Brinkmann, fundador y ahora presidente de Scafom-rux, la compañía avanzó rápidamente para ampliar su red multinacional. Hoy en día, Scafom-rux es uno de los proveedores líderes del sector internacional de sistemas de andamios, cimbras y encofrados.

La sede corporativa de la empresa es Scafom-rux Holding en los Países Bajos. El grupo está bien posicionado para responder rápidamente a las tendencias del mercado en los principales mercados de Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica, así como los centros comerciales emergentes de África. Scafom-rux controla la cadena de suministro con sus propias unidades de negocio, producción y desarrollo de productos. SCAFOM RUX PERÚ empieza a operar en Perú desde octubre del año 2012.

1.2.4.6 Ulma

A finales de los años 50 se gesta el embrión del actual Grupo ULMA, cuando seis jóvenes mecánicos comenzaron su andadura empresarial en un viejo local de Oñate con la intención de dedicarse al mantenimiento y trabajos auxiliares para la entonces próspera industria chocolatera local. Es en 1986 cuando se conforma el Grupo Comarcal de Oñate OÑALAN conformada por ENARA, ULMA y OINAKAR, impulsada esta última por Caja Laboral y dedicada a la comercialización de carretillas elevadoras en 1984. En 1986 OÑALAN pasará a denominarse Grupo ULMA, creándose 3 años después la marca y el logotipo corporativo.

Estos son los inicios del Grupo ULMA, una historia en la que predominan La ilusión y el carácter emprendedor de sus fundadores y de los miles de socios y trabajadores que han sabido recoger el testigo y continuar con la apuesta por el modelo cooperativo cuya riqueza revierte en el conjunto de la sociedad.

Las marcas creadas para comercializar los primeros productos y empresas, la base y origen del actual Grupo ULMA, dan fe del carácter emprendedor, el conocimiento y la determinación de sus fundadores. ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. comienza a operar en Perú desde Abril del 2001.

Figura 8: Línea de tiempo de los andamios en Perú

Fuente: Elaboración propia

1.3 Fijaciones de Andamios (conexiones)

Luego de la invención de la fijación universal (Ver figura 9) o conexión, diversas empresas dedicadas al rubro fueron desarrollando sus propias patentes de conexiones no dejando de lado la conexión universal ya que la convirtieron en uno de sus accesorios principales para sus propios sistemas de andamio, ver figura 6.

Figura 9: Conexiones de andamios industrializados

Fuente: Osha 3150 2002:63

1.4 Normatividad aplicable

Para el desarrollo del marco legal nos basaremos en normativas tanto nacionales como extranjeras por a la carencia de información para andamios industrializados, debido a que la mayoría de las empresas transnacionales dedicadas al rubro son europeas presentaremos normativas aplicables en ese territorio.

1.4.1 Normatividad nacional

Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias – INACAL

- **Norma Técnica Peruana NTP 400.033**

ANDAMIOS. Definiciones y clasificaciones.

- **Norma Técnica Peruana NTP 400.034**

ANDAMIOS. Requisitos.

1.4.2 Normatividad internacional

CEN - comité europeo de normalización – equipamiento para trabajos temporales en obra.

- **Norma Española UNE-EN 12810 - AENOR**

Andamios de fachada de componentes prefabricados.

Consta de las siguientes partes:

- CEN UNE-EN 12810-1, Especificaciones de los productos
- CEN UNE-EN 12810-2, Métodos particulares de diseño estructural

- **Norma Española UNE-EN 12811 - AENOR**

Equipamiento para trabajos temporales de obra.

Consta de las siguientes partes:

- CEN UNE-EN 12811-1, Andamios, requisitos de comportamiento y diseño general

- CEN UNE-EN 12811-2, Información sobre los materiales
- CEN UNE-EN 12811-3, Ensayos de carga

- **Norma Española UNE-EN 1004 - AENOR**

Torres de acceso y torres de trabajo móviles construidas con elementos prefabricados.

Materiales, dimensiones, cargas de diseño y requisitos de seguridad y comportamiento.

1.5 Requisitos generales en andamios

Toda área sobre el andamio destinada para acceso y trabajo debe estar dispuesto de modo que proporcione un lugar adecuado, que evite la caída de los usuarios u objetos, proporcione una superficie segura para almacenaje de materiales y herramientas y protejan a las personas que estén en los niveles inferiores²

1.5.1 Requisitos de ergonomía

Todos los andamios deben de cumplir con dimensiones mínimas que sean cómodas para que los usuarios puedan desplazarse y trabajar sin dificultades, ver figura 10.

- **Anchura del andamio :** La anchura libre (b) mínima destinada a trabajo debe ser de 0.60m y para escaleras el mínimo debe ser 0.50m³
- **Altura del andamio:** La altura libre mínima debe ser de 1.90 metros para que las personas puedan transitar por los niveles intermedios sin peligro a golpear la cabeza⁴

1.5.2 Protección lateral:

Las áreas de trabajo y de acceso deben estar protegidas con dispositivos laterales, ver figura 11, que impidan la posible caída de personas, materiales o herramientas. ⁵

- **Barandillas:** Estos elementos pueden ser las piezas horizontales del sistema multidireccional dispuestos a 0.50 y 1.00 metros por encima de cada nivel de plataforma o en las zonas de acceso a modo de salvaguardar al personal de una posible caída.

² Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 12

³ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 12

⁴ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 13

⁵ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 14

- **Rodapié:** Debe disponerse de rodapiés en todas las superficies destinada para el trabajo, este dispositivo debe de tener una altura de 0.15 metros y debe ser capaz de soportar la posible caída de materiales y/o herramientas⁶.

Figura 10: *Dimensiones ergonómicas*

Fuente: CEN UNE-EN 12811-1 2013: 14

Figura 11: *Dimensiones de la protección lateral*

Fuente: CEN UNE-EN 12811-1 2013: 16

⁶ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 16

- **Revestimiento:** Es recomendable revestir el andamio cuando existe la posibilidad de que partículas producidas por las labores puedan salir disparadas fuera de la zona de trabajo. El revestimiento puede realizarse con mallas o lona⁷.

1.5.3 Acceso al andamio:

El acceso debe darse siempre por el interior del andamio con dispositivos diseñados para tal fin como escaleras fijas o tipo gato. No se debe permitir el acceso escalando por la estructura ya que puede desestabilizarla y no salva guarda la integridad del usuario.

1.5.4 Carga de trabajo:

Todos los andamios deben de diseñarse y construirse de manera que no se desplome o mueva de manera intencionada a modo que pueda utilizarse en condiciones seguras

1.5.4.1 Clases de Carga

Con el objeto de satisfacer las diferentes condiciones de trabajo se especifican seis clases de carga⁸, las cargas de servicio se establecen en la figura 12.

Figura 12: Cargas de servicio en las áreas de trabajo

Clases de carga	Carga distribuida uniformemente q_1 kN/m ²	Carga concentrada en un área de 500 mm × 500 mm F_1 kN	Carga concentrada en un área de 200 mm × 200 mm F_2 kN	Carga en un área parcial	
				q_2 kN/m ²	Factor del área parcial $a_p^{1)}$
1	0,75 ²⁾	1,50	1,00	–	–
2	1,50	1,50	1,00	–	–
3	2,00	1,50	1,00	–	–
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

1) Véase el apartado 6.2.2.4.
2) Véase el apartado 6.2.2.1.

Fuente: CEN UNE-EN 12811-1 2013: 19

Las clases de carga deben corresponder a la naturaleza del trabajo, hay tres tipos principales de cargas que es necesario considerar:

⁷ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 17

⁸ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 19

Cargas permanentes: Deben incluir el propio peso de la estructura de andamio incluyendo todos sus componentes.

Cargas variables: estas deben incluir las cargas de servicio, distribuidas en el área de trabajo, vertical y horizontal.

- **Carga uniformemente distribuida:** Cada área de trabajo debe ser capaz de soportar la carga q_1 que especifica en la tabla de cargas de servicio.⁹
- **Carga horizontal:** Para determinar esta fuerza nos basaremos en un comparativo de dos normas actuales vigentes las cuales suponen una fuerza producida debido al uso del sistema de andamio, las normativas a comparar son la UNE-EN 12811-1 y la NTP 400.034 y elegiremos la que considere un escenario más desfavorable o en pocas palabras la que proporcione la fuerza mayor.

“En los andamios torre se tiene que considerar una carga proveniente del proceso de trabajo y se tomará como una carga horizontal concentrada de $P = 30 \text{ daN (Kgf)}$ por cada nivel del andamio que está por encima del nivel considerado y por paño.” (Inacal 1985: 60)

“En ausencia de viento, el andamio de trabajo debe ser capaz de soportar una carga horizontal de trabajo hipotética, que represente las operaciones durante el uso, actuando en todos los niveles donde el área de trabajo esté cargada. Para cada tramo considerado, la carga hipotética horizontal no debe ser menor que 2.5% del total de la carga uniformemente distribuida sobre dicho tramo, o 0.3 KN, el que sea el valor mayor. Se asume que la carga debe actuar en el nivel del área de trabajo y debe aplicarse separadamente en paralelo y perpendicular al módulo.” (CEN UNE-EN 12811-1 2003: 23)

Analizando lo expuesto en ambas normativas, la UNE EN 12811-1 no considera una fuerza horizontal cuando es considerada una fuerza debido al viento, y en el caso que la considere esta no debe ser menor a 30 Kgf que es la misma fuerza que se debe considerar según la normativa NTP 400.034 pero en presencia también del viento, para efectos de análisis, se procede a realizar un cálculo considerando las dimensiones propuestas en el esquema “B” las cuales aplicaremos para la presente investigación.

- **Fuerza generada por el viento**

⁹ Cfr. CEN UNE-EN 12811-1 2003: 20

Para entender como ataca esta fuerza al andamio, podemos imaginar talvez que nos encontramos adentro de nuestra casa y sacamos una mano con el pulgar apuntando hacia arriba por la ventana, sin hacer movimiento al instante sentimos una sensación que golpea suavemente el palmar o dorsal según la dirección del viento, ese empuje suave genera una presión dinámica al no ser exactamente la misma al pasar el tiempo, pero es factible asumir que es una carga distribuida en toda el área ocupada por el palmar o dorsal de nuestra mano y a la cual se la puede efectuar multiplicando la carga por el área atacada consiguiendo la fuerza debida al viento.

El andamio cuando se encuentra armado en zonas expuestas al aire libre es susceptible a recibir esta carga debida al viento. |

Con ello entendemos que el viento no es el mismo en todas las zonas, existen zonas donde el viento ejerce una carga que puede ser despreciable en la estabilidad del andamio, pero en otras zonas puede ser perjudicial pudiendo volcar la estructura.

“Para los andamios verticales se considerará una presión dinámica $q=40 \text{ daN/m}^2 \text{ (Kgf/m}^2\text{)}$ tomando en cuenta todas las superficies de los elementos y accesorios del andamio expuestos al viento. Para andamios de tubería metálica el área efectiva de ataque del viento será: $A_{\parallel}=0.05(S)$, $A_{\perp}=0.19(S)$, donde S es la superficie expuesta del andamio (base x altura).” (Inacal 1985: 59).

Por lo expuesto nos basta con tener el área de referencia por niveles para poder determinar una fuerza concentrada en cada nivel.

“Debe tenerse en cuenta una presión dinámica uniformemente distribuida de $0,2 \text{ KN/m}^2$. Con objeto de tener un margen para equipos o materiales que estén en el área de trabajo, debe usarse un área de referencia nominal según se define en el apartado 6.2.7.4.1, pero de 400mm de altura, para calcular las cargas de viento de servicio.” (CEN UNE-EN 12811-1 2003: 25)

“Las cargas de viento deben calcularse asumiendo que hay una presión dinámica sobre un área de referencia del andamio de trabajo, que es, en general, el área proyectada en la dirección del viento. La fuerza del viento resultante, F, en KN, se obtiene a partir de la ecuación: $F = c_s \times \sum_i (c_{f,i} \times A_i \times q_i)$, donde: F= fuerza resultante del viento, $c_{f,i}$ =coeficiente de fuerza aerodinámica para el componente del andamio i, A_i =área de referencia del componente del andamio i, c_s = coeficiente del sitio.” (CEN UNE-EN 12811-1 2003: 24)

Con ello se entiende que para poder determinar la fuerza tenemos primero que determinar el área que ocupa los elementos del andamio más un incremento de 400mm o 0.40m por encima de las plataformas por si hubiese equipos o materiales almacenadas.

1.6 Sistema de andamio multidireccional

El sistema de andamio multidireccional es un sistema modular que apareció entre los años 60 en Europa debido a la necesidad de contar con un sistema de andamio que sea sencillo, ligero y rápido de armar y desarmar.

Consta de piezas galvanizadas de acero de alta resistencia que se ensamblan entre sí por medio de un conector integral tipo disco soldado en los elementos verticales del sistema en el cual se fijan las cuñas de hasta ocho elementos del andamio.

Figura 13: Representación del conector integral

Fuente: Pilosio 2018: 3

El conector integral del sistema de andamio es conocido por los usuarios con el nombre de roseta, ver figura 13, diseñado para fijar en él cuatro diagonales y cuatro horizontales en combinación con una cuña de retención¹⁰, pero se puede disponer de los espacios según la necesidad, las rosetas están dispuestas en los verticales a cada cincuenta centímetros de separación en altura.

El diseño de la roseta es el que le da la denominación de sistema multidireccional al andamio ya que podemos colocar piezas en ocho posibles direcciones diferentes logrando adecuar la estructura a cualquier geometría requerida, ver figura 14.

¹⁰ Cfr. Scafom Rux 2015: 5

Figura 14: Representación del sistema de andamio multidireccional

Fuente: Layher 2018: 9

1.6.1 Componentes del sistema de andamio multidireccional

El sistema está compuesto principalmente por barras verticales, barras horizontales y barras diagonales conectadas a una roseta en diferentes posiciones¹¹, a nivel mundial pueden variar su geometría según el fabricante, pero en el mercado nacional peruano podemos encontrar similitud en la geometría en especial en las longitudes de las piezas.

A grandes rasgos, las dimensiones de las anchuras varían de 0.73m, 1.09m, 1.57m, 2.07m, 2.57m y 3.07m y una altura estándar de 2.00m, pero pueden generarse alturas con múltiplos de 0.50m gracias a los verticales del sistema.

1.6.1.1 Representación esquemática de los componentes del andamio multidireccional.

Se muestra a modo de referencia un esquema del andamio multidireccional para que ayude a ilustrar la ubicación de los componentes del sistema, ver figura 15.

¹¹ Cfr. Scafom Rux 2015: 2

Figura 15: Esquema referencial de los componentes del sistema

Fuente: Elaboración Propia

1.6.1.2 Descripción de los componentes

- **Verticales:** Elemento principal de la estructura de andamio, actúa como montante de toda la estructura, se colocan por sobre las bases del andamio y tiene como principal función transmitir las cargas de todo el sistema hacia las bases, otra de sus funciones es hacer que la estructura gane altura colocando un vertical embonado encima de otro. Fabricado en tubos de acero al carbón con una resistencia mínima a la tensión de 320 MPa con sección tubular de 48mm de diámetro exterior y 3.2mm de espesor de pared del tubo¹², tratado con un proceso anticorrosivo de galvanizado por inmersión en caliente. Lleva a las rosetas soldadas a cada 50cm de separación, existen presentaciones con alturas de 0.50m, 1.00m, 1.50m, 2.00m, 2.50m, 3.00m y 4.00m, ver figura 16.

¹² Cfr. Layher 2018: 18

Figura 16: Verticales

Fuente: Layher 2018: 18

- **Horizontales:** Elemento principal de la estructura de andamio, |son las tuberías ubicadas en posición horizontal, amarran un vertical con otro por medio de las rosetas. Pueden ser usados también como barandillas en los niveles donde se tengan plataformas¹³. Fabricado en acero al carbón con una resistencia mínima a la tensión de 320 MPa con sección tubular de 48mm de diámetro exterior y 3.2mm de espesor de pared del tubo, tratado con un proceso anticorrosivo de galvanizado por inmersión en caliente. Lleva soldado en los extremos un cabezal con cuña incorporada para ser fijado a las rosetas, ver figura 17.

Figura 17: Horizontales

Fuente: Pilosio 2018: 171

- **Diagonales:** Elemento principal de la estructura de andamio, fabricado en acero al carbón con una resistencia mínima a la tensión de 320 MPa con sección tubular de 48mm de diámetro exterior y 2.3mm de espesor de pared del tubo, tratado con un

¹³ Cfr. Layher 2018: 24

proceso anticorrosivo de galvanizado por inmersión en caliente. Tiene como función principal rigidizar el vano donde se disponga de este elemento formando figuras triangulares con los horizontales y verticales¹⁴. También es usado para generar soluciones de plataformas en volado, buscando formar figuras reticuladas, ver figura 18.

Figura 18: *Diagonales*

Fuente: Scafom Rux 2017: 8

- **Plataformas metálicas:** Forma la superficie de apoyo de personas, materiales o herramientas en el andamio, con anchos de 30cm y 20cm, se colocan sobre los elementos horizontales hasta cubrir el área deseada¹⁵. Fabricadas con lámina galvanizada de 1.5mm de espesor perforada en toda su longitud lo que le da la apariencia de anti derrapante y drenante de líquidos. Cuenta con conectores tipo gancho en los extremos, ver figura 19.

Figura 19: *Plataformas metálicas*

Fuente: Layher 2018: 30

¹⁴ Cfr. Scafom Rux 2015: 8

¹⁵ Cfr. Layher 2018: 30

- **Plataforma con trampilla:** Forma parte de la superficie de apoyo, ha sido concebida para generar acceso vertical entre distintos niveles, fabricado con marco de aluminio y superficie de material fenólico, cuenta con una escalerilla integrada, ver figura 20. Todos los niveles del andamio deben de contar con una de estas como mínimo.

Figura 20: *Plataformas con trampilla*

Fuente: Pilosio 2018: 172

- **Roseta:** Es el punto de unión donde se fijaran los elementos principales del andamio, es en el donde todas las fuerzas aplicadas al sistema se encuentran, ver figura 21. Cuenta con cuatro agujeros estrechos y cuatro agujeros grandes, posicionando los elementos horizontales en los agujeros estrechos se consigue formar ángulos rectos¹⁶.

Figura 21: *Roseta*

Fuente: Scafom Rux 2017: 5

¹⁶ Cfr. Scafom Rux 2017: 5

- **Rodapiés:** Son dispositivos de seguridad de acero o madera de 15cm de altura deben instalarse en el perímetro de todas las plataformas destinadas para el trabajo para evitar que materiales o herramientas rueden sobre las plataformas y se precipiten a niveles inferiores, ver figura 22.

Figura 22: *Rodapié*

Fuente: Pilosio 2018: 172

- **Pieza de arranque:** Es la primera roseta con la que debe contar todo andamio del tipo multidireccional, ver figura 13. Esta pieza está ubicada en la base y se debe colocar encima de los niveladores y antes de los verticales, debe ser el primer nudo de amarre del sistema¹⁷.

Figura 23: *Pieza de arranque*

Fuente: Pilosio 2018: 170

- **Bases:** Son los elementos que cuentan con una placa base de 15cm x 15cm con un tornillo para nivelar la estructura de andamio¹⁸, se colocan embonados interiormente

¹⁷ Cfr. Scafom Rux 2017: 7

¹⁸ Cfr. Inacal 1985: 22

en la tubería vertical, es posible adaptarle ruedas para generar un andamio móvil, ver figura 24.

Figura 24: *Base*

Fuente: Pilosio 2017: 170

- **Garruchas:** son dispositivos que se pueden fijar a las bases y convertir al andamio de fijo a móvil, cuenta con un dispositivo para frenado, generalmente la rodadura es de nylon y la estructura de soporte de acero, ver figura 25.

Figura 25: Garrucha

Fuente: Tente 2015: 1

1.7 Soluciones estándar con el sistema de andamio multidireccional

Podemos describir dos soluciones básicas, el andamio tipo fachada y el andamio tipo torre, del cual pueden derivarse diversas soluciones haciendo una combinación con ambos o por

sí solos, para un mejor entendimiento del tema explicaremos brevemente cada uno de ellos dando pase luego a soluciones más complejas.

1.7.1 Andamio de fachada

Para facilitar la comprensión de este tipo de solución de andamio se muestra a continuación una representación esquemática de un andamio de fachada con todos sus componentes, ver figura 26.

Figura 26: Andamio de fachada (Isometría)

Fuente: Scafom Rux España, 2017: 16

Son las estructuras de andamio conformada con anchuras de 0.73m y 1.10 metros generalmente, pudiendo ser de anchuras mayores; dispuestas paralelamente a la fachada para trabajos de construcción o reparación llegando a cubrir toda el área. La estructura de andamio va anclada o amarrada a la fachada para generarle estabilidad y evitar que se voltee.

1.7.2 Andamio tipo torre

Para facilitar la comprensión de este tipo de solución de andamio se muestra a continuación una representación esquemática de una torre de andamio con todos sus componentes, ver figura 27.

Es una estructura con gran esbeltez conformada por cuatro apoyos y cuatro caras, cuenta con un acceso interior desde el primer hasta el último nivel, la superficie de trabajo puede estar dispuesta solo en el último nivel o en todos los niveles según la necesidad, suelen ser utilizados para labores puntuales debido a que la superficie de trabajo está limitada por el perímetro que encierra las plataformas y barandas.

“El mayor problema de estas torres es lograr su estabilidad. El viento es el enemigo primero y más insistente con el que hay que enfrentarse en estas construcciones. Contra el viento estas torres van debidamente arriostradas mediante cables anclados en hormigón, en algunas ocasiones van lastradas en su base.” (Segoviano 2007: 107)

Figura 27: *Andamio tipo torre*

Fuente: Ulma, 2015: 12

En situaciones en las que se tiene que hacer uso de una torre de andamio se tiene que tener sumo cuidado en donde se instala la estructura, ya que no es lo mismo realizar trabajos al interior de un recinto donde se está protegido del viento gracias a sus paredes que ambientes al aire libre donde la fuerza del viento empuja a la estructura de andamio en todo momento y puede hacer que esta se voltee.

Pueden instalarse torres de andamio alrededor de chimeneas o pilares siendo estas estructuras las que generan estabilidad al andamio siempre y cuando se anclen o amarren mediante algún dispositivo, como tubos y grapas del mismo sistema de andamio o pernos de anclaje comerciales.

Al andamio tipo torre también se le pueden instalar ruedas en sus bases con el fin que la estructura se desplace para evitar armar y desarmar todo el sistema cuando se requiere cambiar de lugar de trabajo. Hay que tener especial cuidado con los andamios móviles, las ruedas que se le incorporan deben de contar con un sistema de freno para activarlas cuando la estructura de andamio se ha ubicado en su lugar de trabajo.

1.7.3 Andamio móvil

El módulo parte de un andamio tipo torre al cual se le adapta garruchas en su base permitiendo que la estructura se desplace, pueden montarse módulos simples de poco peso y altura, ver figura 28, pero también pueden generarse estructuras móviles muy altas buscando que la estructura sea estable ante un posible volcamiento, ver figura 29.

Figura 28: *Andamio móvil – módulo simple*

Fuente: Ulma, 2015: 15

Figura 29: *Andamio móvil – Torre H=20.00m*

Fuente: Layher, 2018: 64

CAPITULO II

El siguiente capítulo explica en que consiste los trabajos de revestimiento, como se emplea en centros comercial y muestra la problemática para realizar estos trabajos en grandes alturas, se da a conocer los métodos y usos tradicionales de andamios para estos trabajos, también se describe la información técnica de los sistemas de andamios multidireccionales.

2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL

Para determinar la propuesta debemos entender primero cual es el empleo de los andamios para el trabajo a estudiar, ello nos dará un mejor entendimiento en desarrollar una plataforma que se adecúe al lugar. Recordemos que un andamio debe ser una plataforma de trabajo segura, independientemente del lugar donde esté ubicado, siempre debe de contar con sus dispositivos de seguridad y salvaguardar la integridad de sus usuarios.

Para este capítulo, nos limitaremos a hablar del empleo de andamios para la etapa de acabados, para ser más específico, revestimiento con el sistema de construcción en seco Drywall en falsos cielos rasos.

2.1 Sistema de construcción en seco – drywall – falso cielo raso

La construcción con este sistema ha tenido gran acogida en últimos años, gracias a la libertad en el diseño y fácil instalación, es por ello que se ha convertido en casi una costumbre tomar en cuenta este sistema a la hora de crear un diseño arquitectónico. Entre sus ventajas principales destacan: Rápida ejecución, rápida instalación, desperdicios mínimos, bajo peso, resistencia a la intemperie.

El sistema de construcción en seco consiste en ensamblar un soporte estructural mediante perfiles metálicos o de madera¹⁹, luego disponer de las instalaciones, ya sean eléctricas, sanitarias, aislamientos térmicos o acústicos para al final dar pase a la instalación de las placas de yeso.

¹⁹ Cfr. Volcan 2016: 2

2.1.1 Falso Cielo Raso

Es una partida o etapa durante la construcción el cual se puede llevar acabo con el sistema de construcción en seco, el acabado en sí está suspendido desde el fondo de techo, sea concreto madera o acero, ver figura 30.

“(…) consiste en el revestimiento de la cara inferior de entre pisos o estructuras de cubierta (losa o cercha a la vista) con planchas de yeso-cratón, fijándola a una estructura portante de perfiles metálicos o de madera, mediante tornillos autoprtantes o clavos, otorgando una terminación de cielo liso y continuo ocultando a la vista todo tipo de instalaciones.” (Volcan 2016: 01)

Figura 30: Solución de falso cielo raso con sistema en seco Drywall

Fuente: Volcan, 2016: 01

2.1.2 Secuencia de montaje

Se ha considerado la secuencia de montaje solo con estructura portante de perfiles metálicos, al ser una solución común en la construcción de centros comerciales.

Replanteo y trazado de la estructura portante: En esta etapa se marca y traza la ubicación de las zonas de fijación de la estructura portante, cada eje muestra la ubicación de cada tensor que sujetará la estructura portante del cielo y a su vez nos servirá para regular la altura. Las fijaciones de se pueden trazar en superficies sólidas, ver figura 31, o en estructuras reticuladas, ver figura 32.

Figura 31: Esquema de trazado de estructura portante bajo losa.

Fuente: Volcan, 2016: 08

Figura 32: Esquema de trazado de estructura portante bajo estructura de acero.

Fuente: Volcan, 2016: 08

Montaje de la estructura portante:

Figura 33: *Instalación de tensores*

Fuente: Volcan, 2016: 08

Figura 34: Instalación del perfil canal perimetral y perfil portante principal

Fuente: Volcan, 2016: 10

Figura 35: Instalación del perfil Omega

Fuente: Volcan, 2016: 11

Instalación de Planchas: Para la fijación de las planchas el eje longitudinal a las planchas deberá quedar perpendicular al perfil omega, el encuentro de las planchas debe ser a tope.

Figura 36: Instalación de planchas

Fuente: Volcan, 2016: 13

2.2 Andamios empleados en los trabajos de acabados

Analizaremos gráficamente los tipos de andamios más apropiados para estos trabajos, podemos partir de que lo más rentable sería una estructura auxiliar que se pueda desplazar de un punto a otro sin necesidad de desmontarla y volverla a montar, debido a que involucra directamente a la mano de obra, por ello queremos concentrar el recurso humano solo en los trabajos de acabados y contar con una estructura auxiliar que se desplace junto con el trabajador.

En este sentido lo más apropiado es pensar en una estructura auxiliar móvil, que sea fácil de transportar y adaptarse a los trabajos a realizar. Sin embargo existirán ciertos trabajos en los que sería muy difícil contar con estructuras móviles debido a la carencia de espacio, cantidad de niveles o arquitectura compleja. Las siguientes imágenes muestran escenarios a lo descrito, ver figura 37.

Figura 37: Andamio fijo para trabajos en fachada

Fuente: Eternit, 2016: 07

También por tratarse de zonas en las que no es posible rodar el andamio se opta por estructuras de andamio fijas, ya que permiten adaptarse mejor al terreno, desniveles y zonas alejadas a la proyección de la base del andamio, esto quiere decir cuando la estructura de andamio cuenta con volados proyectado hacia sus laterales, esto con el fin de alcanzar zonas que no se pueden armar desde la base, ver figura 38.

Posiblemente pueda diseñarse una estructura móvil, pero los usuarios no familiarizados con la solución pueden poner en peligro la estabilidad del mismo al momento de desplazarlo.

La figura 39 muestra una plataforma de trabajo para revestimiento de falso cielo raso, la zona de apoyo a lado derecho de la estructura se encontraba a 15.00m por debajo (no se muestra en la imagen)

Figura 38: Andamio fijo con volado hacia un lateral

Fuente: Propia – Construcción del centro de convenciones de Lima (2015)

Figura 39: Andamio fijo, apoyo derecho con mucho desnivel

Fuente: Propia – Ampliación Centro comercial Jockey Plaza (2015)

Sin embargo existen escenarios que se prestan a poder disponer de una estructura móvil, siempre y cuando se cuente con una superficie de rodadura lo bastante liza posible, los espacios sean los convenientes para poder maniobrar la estructura, esta no sea lo suficientemente pesada para no poder desplazarla y procurando mantenerla siempre estable evitando un posible volteo de la estructura, estas consideraciones deben tomarse desde su diseño hasta su uso.

Las estructuras de andamio móvil son revisadas periódicamente, se verifica que las conexiones continúen activas, debido a los desplazamientos se puede desprender, para

desplazar un andamio móvil la estructura debe estar descargada, libre de personas, materiales y herramientas, cuando el andamio se posiciona en su punto de trabajo se activan todos sus frenos.

Las estructuras de andamios móviles pueden contar con diferentes áreas de trabajo, estas serán definidas por los usuarios, ya que puede variar según la necesidad en el tiempo de entrega, la cantidad de personal obrero con el que se cuente, la complejidad del trabajo a realizar o el espacio de maniobrabilidad.

A continuación se muestran imágenes con de estructuras de andamios móviles, desde modelos simples; ver figura 40, andamios móviles con volados para tener acercamiento a zonas alejadas según el límite en la base de este, ver figura 41, conformados por dos cuerpos en altura hasta torres de varios cuerpos en altura, ver figura 42, recordemos que nos restringimos a la construcción de centros comerciales en la etapa de acabados.

Figura 40: Torre de andamio móvil para trabajos de pintura

Fuente: Propia – Construcción del centro comercial sur (2015)

Figura 41: Andamio móvil con volado, para trabajos de pintura

Fuente: Propia – Construcción del centro comercial sur (2015)

Figura 42: Andamios móviles simples para trabajos de revestimiento en muros

Fuente: Propia – Construcción del centro comercial sur (2015)

2.3 Escenario para el desarrollo de la propuesta de la plataforma de andamio multidireccional móvil.

Existen situaciones en las que los contratistas de las partidas de acabados entran en disputa frente a escenarios complejos a trabajar, debido a la altura y los grandes vanos.

En la arquitectura de los centros comerciales, los proyectistas suelen diseñar espacios muy abiertos para maximizar la visión de los usuarios en los diferentes niveles, a continuación,

se muestra escenarios típicos los cuales analizaremos visualmente para presentar nuestra propuesta de andamio.

Figura 43: Escenario con 04 niveles de altura – En construcción

Fuente: Construcción del centro comercial sur (2015)

Figura 44: Escenario con 02 niveles de altura - Construido

Fuente: Propia - Centro comercial plaza norte

Figura 45: Escenario con 02 niveles de altura - Construido

Fuente: Propia - Centro comercial mall aventura plaza Santa Anitar

Figura 46: Escenario con 04 niveles de altura - Construido

Fuente: Propia - Centro comercial Open plaza Angamos

Figura 47: Escenario con 02 niveles de altura - Construido

Fuente: Propia - Centro comercial El Quinde – Ica

Figura 48: Escenario con 03 niveles de altura – En proyecto

Fuente: ACCEP - Centro comercial Puruchuco - Lima

Como se puede observar, es en estos escenarios donde se debe decidir de qué manera ejecutar las partidas de acabados e instalaciones, ya que contamos con dos alternativas, si montar una estructura auxiliar de andamio fija o móvil y cuál de estas es la más eficiente.

Para nuestro estudio y previendo que no nos quedemos sin escenarios similares a futuro en donde ejecutar nuestra propuesta nos basamos en información de ACCEP (Asociación de centros comerciales del Perú), ver figura 49.

Este estudio fue presentado el 2018 por ACCEP, a la fecha tenemos los centros comerciales mostrados que aún no fueron ejecutados y/o terminados

Este estudio fue presentado el 2017 por IEDEP, a la fecha no se ha ejecutado:

- Mega Plaza Trujillo
- Mega Plaza Lambayeque
- Real Plaza Paita
- Real Plaza Puruchuco

- Real Plaza San Isidro

Figura 49: Proyectos de centros comerciales hacia el 2019

Nuevos proyectos de centros comerciales que abrirían entre 2018 y 2019		
Proyecto	Ubicación	Inversión (millones de soles)
Puruchuco	Ate	472
Mall Plaza Comas	Comas	366
Mega Plaza Huaraz	Huaraz	59
Mall Santa María	Santa María	54
Torre del Arte, Begonias y otros	San Borja y San Isidro	807
Total		1 758

Fuente: ACCEP (2018)

Figura 50: Proyectos de centros comerciales hasta el 2018

CENTROS COMERCIALES 2016-2018			
		Inauguración	Inversión (Millones US\$)
Parque Arauco / Mega Plaza	Jaén- Cajamarca	Trimestre II - 2016	15
	Huaral	Abr. 2016	16
	Trujillo	Trimestre I - 2017	15
	Lambayeque	Trimestre I - 2016	17
	Villa El Salvador	Trimestre III - 2016	20
Alianza Arauco y Raffo / Strip Centers	ViaMix Malvinas - etapa II	Trimestre II - 2016	n.d
	ViaMix Colonial	Trimestre III - 2016	7
Grupo Falabella /	Huancayo	Trimestre I - 2016	48
Grupo Intercorp / Real Plaza	Talara	Trimestre I - 2016	12
	Paíta	Trimestre IV - 2017	64
	Puruchuco	Trimestre IV - 2017	200
	San Isidro	2018	18
Corporación Wong	Mall del Sur - San Juan de Lurigancho	Mar.2016	200
	Santa María	Dic. 2016	60
Swiss Capital	Complejo Comercial Huaral	Trimestre III - 2017	n.d
Fondo Fibra	Strip Center Magdalena	n.d	5

Fuente: IEDEP (2017)

Para tener una geometría donde diseñar la propuesta se realizó un muestreo en campo de los centros comerciales presentados, de los datos se sacó un promedio los cuales servirán como base para nuestro estudio. Las dimensiones que necesitamos saber son la altura y anchura, ver tabla 1.

Tabla 1: Número de niveles, alturas y anchuras

Centros comerciales	Niveles	Altura Nivel (m)	Anchura del vano (m)
Real Plaza Angamos	2	5	6.5
Open Plaza Angamos	3	5.5	8
Mall aventura Plaza Santa Anita	4	5.5	10
Plaza Norte	2	5.2	6
Centro Comercial Sur	4	5.5	9
Centro Comercial El Quinde - Ica	2	5.3	8
promedio	3	5	8

Fuente: Elaboración propia basado en muestreo de campo

2.4 Información técnica del sistema de andamio multidireccional.

Para nuestro estudio, debido a que la patente del sistema multidireccional actualmente cuenta con varios propietarios y cada uno de ellos difiere ligeramente uno con otro en sus características técnicas, se ha decidido promediar toda la información que se requiera para el diseño estructural de nuestra propuesta, ello podrá validar el diseño siempre con una revisión por el especialista según el fabricante con el que elijamos trabajar.

2.4.1 Pesos promedio de los componentes de andamio según fabricantes en el mercado

Para poder calcular el peso del andamio multidireccional se propone hacer comparativo de los pesos de los componentes de andamio de distintos fabricantes, con el cual podemos estimar un peso promedio el cual será aplicado a la propuesta, a continuación, se muestra un cuadro comparativo de pesos de cada componente del andamio por fabricantes, ver tabla 2.

Los datos se toman de los manuales técnico e informativos de los fabricantes y distribuidores locales de andamio multidireccional según su catálogo de piezas que conforman el sistema de andamio, casi todos los sistemas de andamio están fabricados en base a la misma tubería de 48.3mm de diámetro exterior y 3.2mm o 2.3mm de espesor de la pared.

Tabla 2: Pesos promedio de los componentes de andamio según fabricantes en el mercado

Componentes	PESO DE LOS COMPONENTES SEGÚN FABRICANTE (En Kg)							PESO PROMEDIO (Kg)
	Brio ULMA	Allround LAYHER	US US	Nopin NOPIN	Rosett Flex PERI	MP PILOSIO	Ringscaff SCAFOM	
Base	4.9	3.6	3.3	4.2	3.21	3.5	4	3.8
Pieza de Arranque	1.4	1.4	1.5	1.5	2.5	1.9	1.5	1.7
Vertical 0.50m	2.4	3.2	2.5		3.13	2.8	3	2.8
Vertical 1.00m	4.6	5.5	4.5	5.5	5.47	5.1	5.4	5.2
Vertical 1.50m	7.4	7.8	6.8	7.5	7.8	7.6	7.7	7.5
Vertical 2.00m	9.4	10.2	9	10	10.1	9.9	10	9.8
Vertical 3.00m	13.5	14.6	13.7	15	14.8	14.7	14.8	14.4
Horizontal 0.73m	3.2	3.1	3.4	2.7	2.6	3.3	3	3.0
Horizontal 1.09m	4.4	4.3	4.5	3.4	3.4	4.1	4.4	4.1
Horizontal 1.57m	6	5.9	6	4.7	4.8	5.1	6.1	5.5
Horizontal 2.07m	7.6	7.8	7.6	6	6.1	8.3	7.9	7.3
Horizontal 2.57m	9.4	9.7	9.3	6.9	7.5	7.9	9.6	8.6
Horizontal 3.07m	11.7	11.4	11	8.3	8.8	9.2	11.4	10.3
Diagonal 0.73m	7.2	6.8	4.8	6.3	7	7.9	7.2	6.7
Diagonal 1.09m	8.7	7	6.4	6.5	7.3	8.2	7.5	7.4
Diagonal 1.57m	10.2	7.7	6.8	7.5	7.86	8.7	8.1	8.1
Diagonal 2.07m	11.8	8.9	7.7	8.7	8.7	9.6	9	9.2
Diagonal 2.57m	13	9.5	8.8	8.9	9.6	10.5	10	10.0
Diagonal 3.07m	14.2	10.5	10.1	9.5	10.6	11.7	11	11.1
Plataf. Acero 0.73m	6.6	7	5.5	6	5.4	6.5	8	6.4
Plataf. Acero 1.09m	9	9.4	7.3	8.1	6.7	8.3	10.4	8.5
Plataf. Acero 1.57m	12.4	12.5	9.5	11.6	9.5	10.3	13.6	11.3
Plataf. Acero 2.07m	17	16	12	14.9	12.3	13.2	17.2	14.7
Plataf. Acero 2.57m	20.2	18.9	14.5	18	15	16	20.5	17.6
Plataf. Acero 3.07m	22.2	22.5	16.9	21	17.8	18.9	23.8	20.4
Trampilla 2.07m	18.6	17.9	20.1	16.8		29	17	19.9
Trampilla 2.57m	25.8	21.9	27.5	19.8		26.6	21	23.8
Trampilla 3.07m	31	26.5	31.4	30.2		38.2	24.5	30.3
Rodapie 0.73m	2.6	1.5	2.7	1.6	1.5	2.7	2.8	2.2
Rodapie 1.09m	3.2	2.5	3.6	2.2	2	3.5	3.9	3.0
Rodapie 1.57m	4.2	3.5	4.5	3.5	3	4.4	5.5	4.1
Rodapie 2.07m	5.2	4.3	5.4	4.5	4.1	5.7	7.2	5.2
Rodapie 2.57m	6	5.7	6.4	5.9	5.1	6.9	8.8	6.4
Rodapie 3.07m	6.8	6.3	7.6	7.1	6.1	8.2	10.3	7.5

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Resistencia admisible del nudo o conexión:

Para estimar la resistencia admisible se usaron los catálogos y/o fichas técnicas de los sistemas de andamio en el mercado de Perú. La tabla 3 muestra los datos técnicos de algunos sistemas de andamio multidireccional, ver tabla 3.

Tabla 3: Resistencias admisibles del nudo

		RESISTENCIA ADMISIBLE DE LA CONECCIÓN (ROSETA)							RESISTENCIA RINGSCAFF
		Brio	Allround	US	Nopin	Rosett Flex	MP	Ringscaff	
Estado		ULMA	LAYHER	CATARI	NOPIN	PERI	PILOSO	SCAFOM RUX	
MOMENTO			67.4	70.1	65	89.1	50.0	73.3	73.3 KNcm
CORTANTE			17.6	22.3	25	30.4	12.3	20.5	20.5 KNcm
ESFUERZO			20.7	23.2	24	24.7	29.0	25.7	25.7 KNcm
CORTANTE			6.7	8.3	9	11.3		10.6	10.6 KNcm

Fuente: Elaboración propia

2.5 Pasos para elaborar la propuesta de andamio.

En el siguiente flujograma se muestra los pasos a desarrollar para elaborar la propuesta de andamio, desde la elección del modelo según el escenario hasta el proceso de montaje, ver figura 51. Ello nos ayudará a desarrollar el siguiente capítulo.

Figura 51: Flujograma para la elaboración del modelo de plataforma de andamio multidireccional móvil

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

Después de haber analizado los trabajos de revestimiento en centros comercial y la problemática que se presenta en falsos cielos rasos donde la superficie de apoyo se encuentra muchos metros hacia abajo. se propone una solución con andamios multidireccionales como plataforma de trabajo con ruedas instaladas en la base para facilitar el desplazamiento.

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL MÓVIL

3.1 Elección del modelo para la propuesta de la plataforma de andamio multidireccional móvil.

Para seleccionar nuestro modelo tenemos como información los escenarios posibles a presentarse, sabemos que la necesidad es realizar trabajos en altura por encima de los 10.00m ya que aproximadamente cada nivel de un centro comercial está en 5.00m. También tenemos como información la longitud promedio de los vanos a cubrir que va desde los 6.00m hasta 10.00m.

Para centrarnos en un modelo y posterior a este hacer comparativos versus soluciones tradicionales, estudiaremos la propuesta a desarrollarse en el “**Centro Comercial Sur**” que sabemos que consta de 04 niveles en altura y el ancho promedio está en 8.00m.

3.1.1 Necesidad de plataforma de andamio:

Se requiere de una estructura auxiliar para dar soporte a los trabajadores en la ejecución de la partida de revestimiento de falso cielo raso con el sistema constructivo en seco Drywall, el área a cubrir es de 780m², a modo de esquema se muestra la planta general de Centro comercial y se indica la zona a trabajar. Las dimensiones aproximadas de la zona a trabajar son 11.00m de ancho y 70.9m de longitud, la figura 52 muestra la ubicación de la zona de trabajo en la planta general del proyecto.

Para el desarrollo de la propuesta nos servirá contar con una sección transversal de la zona achurada que nos ayudará a estimar la geometría de la plataforma de andamio y así poder cubrir al máximo toda la anchura, ver figura 53.

Figura 52: Planta general del Centro Comercial Sur – Zona a trabajar

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Sección Transversal Centro Comercial Sur – Zona a trabajar

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Pre dimensionamiento de la geometría del andamio:

Con la ayuda de la sección transversal podemos proponer la geometría en sección, considerando que nuestro modelo se acerque lo más posible a la cara de trabajo, ver figura 54. Con la ayuda de la sección transversal podemos proponer la planta de la plataforma de andamio, ver figura 55.

Hasta el momento tenemos definido nuestro modelo, la figura 56 muestra un modelo tridimensional para una mejor comprensión de la estructura de andamio.

Figura 54: Esquema de la propuesta, vista en elevación – Zona a trabajar

Fuente: Elaboración Propia

Figura 55: Esquema de la propuesta - vista en planta – Zona a trabajar

Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Modelo global de la plataforma de andamio multidireccional móvil

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Análisis de la sobre carga, trabajos a Realizar:

Los trabajos a realizar sobre la plataforma de andamios son de revestimiento y pintura, para la estimación de la sobre carga analizaremos los pesos sobre la plataforma.

- Peso de una Persona + herramientas: 100 Kg
- Área de incidencia por persona: 1.00m^2
- Peso de Plancha de Drywall: 25 Kg
- Área de Incidencia de la plancha: $1.20\text{m} \times 2.40\text{m} = 2.88\text{m}^2$
- Área de la plataforma de trabajo móvil: $7.71\text{m} \times 10.35\text{m} = 79.8\text{m}^2$
- Planchas a instalar por cada posición del andamio: $79.8\text{m}^2 / 2.88\text{m}^2 = 28$ planchas
- Peso por almacenamiento de las planchas: 28.0 planchas $\times 25.00$ Kg = 700 Kg
- Sobrecarga debido a la persona + herramientas: $100 \text{ Kg} / 1.00\text{m}^2 = 100 \text{ Kg/m}^2$
- Sobrecarga debido al almacenamiento de planchas: (Consideraremos almacenar no más de 10 planchas, una encima de otra) $250 \text{ kg} / 2.88\text{m}^2 = 86.81 \text{ kg/m}^2$
- Sobre carga Total = $100 \text{ Kg/m}^2 + 86.81 \text{ kg/m}^2 = 186.81 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \mathbf{200 \text{ Kg/m}^2}$
(Asumiendo que todas las planchas necesarias se almacenen en un solo punto)

A modo de comprender mejor lo analizado se muestra la planta de la plataforma para que ayude con la interpretación, ver figura 57.

Se tendrá presente el desplazamiento de la plataforma de andamio móvil, es importante conocer cuántas veces será desplazada la estructura según los trabajos a realizar, esto nos ayudará a entender como irá trabajando a lo largo de su vida útil, ver figura 58.

Conocemos también que los trabajos a realizar por instalación del falso cielo raso involucra 03 pasos la primera es el trazado e instalación de la estructura portante, luego la instalación de planchas de drywall y primer masillado, el último es la segunda masillada para dejarla apta para recibir la pintura.

Figura 57: Vista en planta de la propuesta de andamio móvil – análisis de la sobre carga por almacenamiento de planchas de Drywall

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58: Desplazamientos de la estructura de andamio móvil para cada actividad, vista en planta, se muestran 08 desplazamientos

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Comprobación estructural de la propuesta

3.2.1 Objeto del documento

Se requiere montar una estructura de andamio móvil para llegar a la cota + 7.50m por encima de su base. La zona a trabajar comprende el revestimiento de fondo de losa a modo de falso cielo raso, el área para los trabajos de revestimiento es 785m² con una anchura de 12.20m x 64.35m.

La zona para apoyo del andamio tiene un vacío de 8.50m de ancho y se extiende a todo lo largo de la proyección del fondo de losa a atacar. El vacío se sitúa al centro de la anchura del vano, dejando como longitud de apoyo a cada extremo 1.85 m. Se proyecta modular una estructura de andamio móvil tipo puente con apoyo a los extremos con una pasarela de trabajo en la cota + 4.50m.

El presente anexo pretende justificar desde el punto de vista estructural el comportamiento del andamio.

3.2.2 Descripción de los materiales

El material de andamio utilizado es un sistema multidireccional.

El sistema consiste en verticales y horizontales independientes. Los elementos verticales están fabricados con tubo de diámetro 48,3 mm y espesor 3,2 mm de acero S235 con límite elástico aumentado a 320 N/mm², con platos soldados en centros de 500 mm de distancia nominal para proporcionar conexiones de cuatro vías para las horizontales.

Las horizontales están fabricadas con tubo de diámetro 48,3 mm y espesor 3,2 mm de acero S235 con límite elástico aumentado a 320 N/mm². Los elementos diagonales están fabricados con tubo de diámetro 48,3 mm y espesor 2,3 mm de acero S235.

Los andamios disponen de bases niveladoras de forma que no haya que recurrir a cuñas u otros elementos para su aplomado y regulación en altura.

Los andamios cuentan con Homologación Europea Z-8.22-869, Homologación de combinación Z-8.22-901, así como la Certificación de AENOR de conformidad con la Norma UNE – EN 12810.

3.2.3 Características de los materiales

Descripción: Andamio tubular multidireccional.

Elementos verticales: Tubo Ø 48,3 mm y espesor 3,2 mm de acero S235 seleccionado con límite elástico de 320 N/mm², con platos soldados en centros de 500 mm de distancia nominal para proporcionar conexiones de cuatro vías para las horizontales.

Elementos horizontales: Tubo diámetro 48,3 mm y espesor 3,2 mm de acero S235 seleccionado con límite elástico de 320 N/mm².

Elementos diagonales: Tubo diámetro 48,3 mm y espesor 2,3 mm de acero S235.

3.2.4 Normativa aplicada.

- EN-12810-1 Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 1: Especificaciones de los productos.
- EN-12811-1 Equipamiento para trabajos temporales de obra. Parte 1: Andamios.
- EN-12811-2. Equipamiento para trabajos temporales en obra. Parte 2: Información sobre los materiales.
- Eurocódigo 3
- NTP 400.033 – Andamio. Definiciones y clasificaciones
- NTP 400.034 – Andamio. Requisitos

3.2.5 Descripción de las estructuras.

Se dispone de una estructura de andamio con 04 apoyos móviles a cada extremo, los apoyos están distribuidos en planta en un cuadrilátero de 0.39m x 7.71m. y tienen una altura de 1.80m desde a superficie de apoyo, a este nivel se desarrolla una estructura tipo cercha que se extiende 10.35m, los módulos que lo componen son de 1.57m + 2.07m + 2.57m + 2.57m + 1.57m.

La estructura tipo cercha se apoya en sus extremos por los módulos móviles y crece 4.50m en altura hasta el nivel de plataformado y un metro más para disponer de barandas, la estructura esta diagonalizada en sus tres planos, cuenta con una acceso dispuesto en un extremo, que empieza en el nivel de apoyo y llega hasta el nivel de plataformado.

Para estudiar el comportamiento estático del andamio se ha realizado un modelo tridimensional, que nos permita estudiar la estabilidad del mismo.

Una vista simplificada de la geometría de la estructura del andamio puede encontrarse en el plano AM-001_7.71 x 10.35 x H=4.50m, ver figura 59.

3.2.6 Cálculos

El modelo a comprobar tiene la siguiente geometría, ver figura 60.

Figura 59: Propuesta de plataforma de andamio móvil de 7.71m x 10.35m x H=4.50 + 1.00m de Baranda

A3 (420x297 mm)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 60: Modelo Estructural

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

3.2.7 Cargas aplicadas

Se realiza el cálculo de la estructura sobre un modelo tridimensional utilizando el programa de cálculo SAP 2000 versión 17.1. Las acciones consideradas en el cálculo de la estructura son:

3.2.7.1 Cargas permanentes (DEAD).

El peso propio de las barras es generado automáticamente por el programa. A este peso hay que añadir las horizontales y las plataformas con trampilla que apoyan sobre las horizontales perpendiculares a la sección calculada.

	↕ m	↕ m	kg/1	ART.
GB RINGSCAFF DECK (TUBE) NL RINGSCAFF VLOERDEEL (BUISSOPLEGGING) DE RINGSCAFF STAHLBELAG (ROHRAUFLAGE) FR RINGSCAFF PLANCHER ACIER (TUBE) ES RINGSCAFF PLATAFORMA DE ACERO (APOYO DE TUBO)	0.73	0.32	8.0	E04RS0021
	1.09	0.32	10.4	E04RS0040
	1.40	0.32	12.2	E04RS0273
	1.57	0.32	13.6	E04RS0063
	2.07	0.32	17.2	E04RS0075
	2.57	0.32	20.5	E04RS0090
	3.07	0.32	23.8	E04RS0100

El peso estimado de las plataformas de acero es de 25 Kg/m²

- La carga distribuida para una vano de 3.07/2m

$$25 \text{ Kg/m}^2 \times 3.07/2 \text{ m} = 38.38 \text{ Kg/m} \approx \mathbf{39.0 \text{ Kg/m}^2}$$

3.2.7.2 Sobrecarga de uso (SC)

Según Norma UNE – EN 12811, tomamos un andamio clase 3, con una sobrecarga uniformemente distribuida de $2 \text{ KN/m}^2 \approx 200 \text{ Kg/m}^2$ actuando sobre el nivel de plataformas superior completo y la mitad de esta carga actuando sobre el nivel inmediatamente inferior.

La carga distribuida para una vano de 3.07/2m

$$200 \text{ Kg/m}^2 \times 2.07/2 \text{ m} \approx \mathbf{207.00 \text{ Kg/m}^2}$$

3.2.7.3 Carga Horizontal de Trabajo (HORIZ)

Según punto 6.2.3 EN 12811-1, en ausencia de viento, carga hipotética horizontal no inferior al 2,5% del total de la carga uniformemente distribuida q_1 especificada en la tabla 3, ó $0.3 \text{ KN} \approx 30 \text{ Kg}$, el que sea el valor mayor.

En el modelo aplicaremos esta carga como cargas puntuales aplicadas en los nudos en los niveles de plataformas en los que se aplicaron la sobrecarga de uso.

El total de la carga distribuida es 200 Kg

El 2,5% del valor de dicha carga es $200 \times 0.025 = 5 \text{ Kg}$

Tomamos 30 Kg repartido en 4 puntos. Se aplicaran como carga puntual horizontal, todas en el mismo sentido en la Hipótesis **HORIZ 1** y **HORIZ 2**.

3.2.8 Combinaciones de cargas

Realizaremos combinaciones de carga para evaluar el estado límite de servicio y el estado límite último de la estructura, con el fin de poder realizar una comprobación de las barras para el estado límite último según Eurocódigo 3.

Las combinaciones de hipótesis de cargas se describen en el punto 6.2.9 de la Norma EN 12811-1. Consideraremos condición de servicio y condición fuera de servicio.

ESTADO LIMITE DE SERVICIO.

Condición de Servicio.

ELSHORIZ $\rightarrow$ DEAD + S.C. + HORIZ

ESTADO LÍMITE ÚLTIMO.

Condición de Servicio.

ELUHORIZ $\rightarrow 1,5 * \text{DEAD} + 1,5 * \text{S.C.} + 1,5 * \text{HORIZ}$

Para la comprobación en estado límite último de las barras, el programa toma un coeficiente de minoración del material $\gamma_0 = 1,1$.

3.2.9 Imperfecciones geométricas.

No se han considerados imperfecciones locales de los elementos.

En cuanto a la imperfección global de la estructura, se ha seguido el punto 10.2.2 de la Norma En 12811-1.

Para uniones en montantes tubulares, el ángulo de inclinación ψ entre un par de componentes tubulares conectados mediante espiga puede calcularse con la ecuación:

$$\tan \psi = \frac{D_i - d_0}{l_0} \quad \text{no menor que } 0,01$$

$$\tan \psi = \frac{41,9 - 38}{196} = 0,01989$$

Esta tangente implica que en un tramo entre horizontales de 2 metros, la desviación de un nudo respecto de su posición teórica es de:

$$(\text{Desviación} / 2000) / 2 = 0,01989 / 2 \rightarrow \text{Desviación} = 19,89 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

3.2.10 Condiciones de contorno.

A continuación se describen los supuestos de rigidez considerados

Uniones entre elementos verticales:

- Longitud solape espiga 196 mm > 150 mm
- Juego entre diámetro interior tubo y espiga = 3,9 mm < 4 mm
- Diámetro exterior 48,3 mm < 60 mm

Por tanto consideramos unión Rígida.

Unión elemento horizontal – elemento vertical:

En el modelo de cálculo esta unión se ha determinado como empotrada. De esta forma tendremos información en cuanto a los momentos flectores en los puntos de encuentro con las verticales. TENDREMOS ESPECIAL CUIDADO EN DETERMINAR LA MAGNITUD DE ESTOS FLECTORES EN TODAS LAS HIPOTESIS. Comprobaremos que estos valores no superan en ningún caso el valor máximo admisible que aparece en la documentación de SCAFOM para el momento flector en estas uniones.

3.2.11 Comprobación de secciones. Tipo de análisis.

3.2.11.1 Análisis de la torre de andamio

Realizamos un modelo tridimensional del andamio utilizando el programa de cálculo SAP 2000 versión 17.1. El análisis será del tipo elástico, no lineal, para considerar las no linealidades geométricas y tener en cuenta los esfuerzos originados por la propia deformación de la estructura. El programa permite tener en cuenta los efectos de segundo orden.

A continuación, se detallan las entradas al programa:

CARGA MUERTA

El peso de las barras es generado automáticamente por el programa

Figura 61: Carga muerta aplicada al modelo estructural

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

SOBRECARGA DE USO

Figura 62: Sobre carga de uso aplicada al modelo estructural

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

CARGA HORIZONTAL 1

Figura 63: Carga horizontal 1 aplicada al modelo estructural

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

CARGA HORIZONTAL 2

Figura 64: Carga horizontal 1 aplicada al modelo estructural

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

3.2.12 Comprobación de elementos estado límite servicio

3.2.12.1 Plataformas de acero

Las plataformas de acero de 3.07m de Longitud poseen una capacidad de carga según EN 12811 (Grupo 04) = 3.0 kN/m².

Figura 65: Capacidad de carga de la plataforma de acero de 3.07m.

Fuente: Scafom Rux España (2017): 16

Sobrecarga uniformemente distribuida de 2.0 kN/m²

$$2.0 \text{ kN/m}^2 < 3.0 \text{ kN/m}^2 \text{ (VÁLIDO)}$$

3.2.12.2 Barras de apoyo plataformas

Las plataformas de trabajo se apoyan sobre horizontales de 1.57 m simples. Las capacidades de carga de estos elementos son:

Figura 66: Capacidad de carga de las barras horizontales de 3.07m.

Capacidad de carga de los largueros tubulares (dispone de una tabla detallada con todas las disposiciones de plataformas previa petición)							
Distancia longitudinal entre montantes (m)	0,73	1,09	1,40	1,57	2,07	2,57	3,07
UDL (kN/m)	21,8	10,5	6,7	5,4	3,3	2,2	1,6
Carga del punto en el medio (kN)	7,8	5,5	4,4	4,0	3,2	2,6	2,3

Fuente: Scafom Rux España (2017): 15

Barras Longitud= 1.57 m (simple)

$$200 \text{ Kg/m}^2 \times (3.07) / 2 \text{ m} = 307 \text{ Kg/m} \rightarrow 3.07 \text{ KN/m} < 5.4 \text{ KN/m} \rightarrow \text{VALIDO.}$$

Las plataformas de trabajo se apoyan sobre horizontales dobles de 2.07m. Las capacidades de carga de estos elementos son:

Figura 67: Capacidad de carga de las barras horizontales de 3.07m.

Capacidad de carga de los largueros tubulares dobles				
Distancia longitudinal entre montantes (m)	1,57	2,07	2,57	3,07
UDL (kN/m)	17,5	12,3	7,9	5,8
Carga del punto en el medio (kN)	13,9	11,6	9,3	7,5

Fuente: Scafom Rux España (2017): 15

Barras Longitud= 2.07 m (Horizontal doble)

$$200 \text{ Kg/m}^2 \times (3.07) / 2 \text{ m} = 307 \text{ Kg/m} \rightarrow 3.07 \text{ KN/m} < 12.3 \text{ KN/m} \rightarrow \text{VALIDO}$$

Barras Longitud= 2.57 m (Horizontal doble)

$$200 \text{ Kg/m}^2 \times (3.07) / 2 \text{ m} = 307 \text{ Kg/m} \rightarrow 3.07 \text{ KN/m} < 7.9 \text{ KN/m} \rightarrow \text{VALIDO}$$

3.2.12.3 Conexión (Roseta)

La carga segura o admisible en las conexiones se muestra en la imagen 67.

Con ayuda del diagrama de momentos del software Sap 2000 verificamos los momentos máximos que se genera en las conexiones, considerando la hipótesis Estado Límite de Servicio, ver figura 69.

Figura 68: Resistencia o carga admisible en la roseta.

Fuente: Scafom Rux España (2017): 13

Figura 69: Verificación en ELS del momento máximo de las conexiones.

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

Con ayuda del diagrama de momentos en la figura 69 comprobaremos si el momento máximo no sobre pasa el momento admisible de la figura 68, la comprobación se muestra en la Tabla 04.

Tabla 4: Comprobación del momento flector máximo en la conexión.

Nº BARRA	Mom. Flector en conexión		Mf max. Adm (KNcm)	Comprobación
	Mf (KN x cm)	HIPOTESIS		
350	70.42	ELSHOR1	± 73,3	VALIDO

Fuente: Elaboración propia.

También podemos comprobar la fuerza vertical en la conexión, la tabla 05 muestra el desarrollo,

Tabla 5: Comprobación de la fuerza vertical en la conexión.

Nº BARRA	F. vertical en conexión		F max. Adm (KN)	Comprobación
	F (KN)	HIPOTESIS		
350	2.8	ELSHOR1	± 20,5	VALIDO

Fuente: Elaboración propia.

3.2.12.4 Verticales

La capacidad máxima de un pie de andamio trabajando a compresión depende de muchos factores, (distancia entre arrostramientos, longitud de los vanos adyacentes, etc). La comprobación de verticales se incluye en la comprobación de elementos en ELU según Eurocódigo 3. La figura 70 muestra la capacidad de carga o carga admisible según los espaciamientos en altura de los arriostres horizontales y en dos direcciones.

Figura 70: Capacidad de carga en los verticales según su arrostramiento.

Carga vertical céntrica admisible para montantes (riostros en dos direcciones)			
Arrostramiento (m)	1,5	2,0	2,5
Carga céntrica máx. (kN)	42,2	28,1	19,3

Fuente: Scafom Rux España (2017): 14

Con ayuda del diagrama de fuerzas axiales del software Sap 2000 verificamos la máxima fuerza axial a compresión que se genera en las barras verticales, considerando la hipótesis Estado Limite de Servicio, ver figura 71.

Figura 71: Verificación en ELS de las fuerzas axiales en las barras verticales.

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

El axil máximo según la figura 72 es de 17.2 KN a Compresión y según la figura 70, la resistencia a la compresión del vertical arriostrado a cada 2.00m en altura y en dos direcciones diferentes es 28.1 kN, por lo tanto concluimos que el resultado **VÁLIDO!**.

3.2.12.5 Diagonales

La figura 72 muestra la capacidad de carga o carga admisible de las barras diagonales a compresión y a tracción.

Figura 72: Capacidad de carga de las diagonales.

Fuente: Scafom Rux España (2017): 15

Seguimos usando el diagrama de fuerzas axiales del software Sap 2000 y verificamos la máxima fuerza axial en las barras diagonales, considerando la hipótesis Estado Limite de Servicio, ver figura 73.

Figura 73: Verificación en ELS de las fuerzas axiales en las barras.

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

El axil máximo según la figura 73 es de 12.0 kN a tracción y según la figura 72, la resistencia a la tracción de la diagonal de 1.57m es 13.0 kN, por lo tanto concluimos que el resultado **VÁLIDO!**.

3.2.12.6 Placas base, reacciones (en kN)

La fuerza de acción solicitada para el nivelador o placas bases se la transmite directamente los verticales. La figura 74 muestra la capacidad de carga o carga admisible de los niveladores según la longitud de apertura de la tuerca.

Figura 74: Capacidad de carga de las placas bases roscadas.

Carga admisible para la placa base de 60 cm (En combinación con la carga horizontal = 5 % de carga vertical)				
Longitud del husillo (mm)	100	200	300	400
Carga admisible (kN)	52	42	33	25

Fuente: Scafom Rux España (2017): 14

Seguimos usando el diagrama de fuerzas axiales del software Sap 2000 y verificamos la máxima fuerza axial en los niveladores, considerando la hipótesis Estado Limite de Servicio, ver figura 75.

Figura 75: Verificación en ELS de las fuerzas axiales las placas bases.

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

El axil máximo según la figura 75 es de 14.4 kN a compresión y según la figura 74, la resistencia a compresión con una longitud de apertura de 20cm de la tuerca es 25.0 kN, por lo tanto concluimos que el resultado **VÁLIDO!**.

3.2.12.7 Garruchas o Ruedas (en kN)

La figura 76 muestra la capacidad de carga o carga admisible de las garruchas en estado estático y dinámico.

Figura 76: Capacidad de carga de las garruchas.

CARGA ADMISIBLE PARA LAS GARRUCHAS TENTE	
Estado Estático (kN)	16.0
Estado Dinámico (kN)	8.0

Fuente: Elaboración Propia

La fuerza de acción solicitada para las garruchas se la transmite directamente los niveladores.

Seguimos usando el diagrama de fuerzas axiales del software Sap 2000 y verificamos la máxima fuerza axial en los niveladores, considerando la hipótesis Estado Limite de Servicio

para la verificación del andamio en estado estático y el caso CM para verificación de las garruchas en estado dinámico, ver figura 77.

Figura 77: Verificación en ELS y CM de las fuerzas axiales las placas bases.

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

El axil máximo según la figura 77 en ELS es de 14.4 kN, según la figura 76, la capacidad de carga de la garrucha en estado estático es de 16.00 kN, por lo tanto concluimos que el resultado **VÁLIDO!**.

El axil máximo según la figura 77 en CM es de 4.3 kN, según la figura 76, la capacidad de carga de la garrucha en estado dinámico es de 8.00 kN, por lo tanto concluimos que el resultado **VÁLIDO!**.

3.2.12.8 Deformaciones

Con ayuda del diagrama de deformaciones del software Sap 2000 verificamos en milímetros la máxima deformación en Estado Límite de Servicio, ver figura 78.

Figura 78: Verificación de deformación máxima en la estructura

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

- Los andamios deberán ser revisados periódicamente durante todo el tiempo que permanezcan los andamios montados para garantizar que se mantienen las condiciones de utilización.

Figura 80: Verificación de la barra más desfavorable

EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK						
Combo : ELUHOR2						
Units : KN, m, C						
Frame : 264	Design Sect: RSVERT					
X Mid : 10.350	Design Type: Column					
Y Mid : 0.000	Frame Type : Moment Resisting Frame					
Z Mid : 1.500	Sect Class : Class 1					
Length : 1.000	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 0.000	RLLF : 1.000					
Area : 4.534E-04	SMajor : 4.797E-06	rMajor : 0.016	AVMajor:			
2.275E-04	SMminor : 4.797E-06	rMinor : 0.016	AVMinor:			
IMajor : 0.000	ZMajor : 6.520E-06	E : 199947978.80				
2.275E-04	ZMinor : 6.520E-06	Fy : 319999.999				
IMinor : 0.000						
Ixy : 0.000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-25.251	-0.279	-0.017	-0.544	-0.034	-0.004
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.924	= 0.808	+ 0.116	+ 0.003	0.950	OK
AXIAL FORCE DESIGN						
	Pc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd	
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor	
Axial	-25.251	31.262	131.897	97.847	31.262	
MOMENT DESIGN						
	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd		
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity		
Major Moment	-0.279	1.897	1.897	1.897		
Minor Moment	-0.017	1.897	1.897			
	K	L	k	kl	C1	
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	
Major Moment	1.115	1.000	0.789	0.592	2.700	
Minor Moment	2.428	1.000	0.339			
SHEAR DESIGN						
	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu	
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion	
Major Shear	0.544	38.203	0.014	OK	0.000	
Minor Shear	0.034	38.203	0.001	OK	0.000	

Fuente: Elaboración Propia – Software Sap2000

3.3 Descripción de la propuesta de andamio móvil:

Para comprender la geometría de la estructura y sus partes detallaremos gráficamente sus componentes para poder identificar y describir la propuesta, también añadiremos los dispositivos de seguridad con los que debe contar para considerar una plataforma de trabajo segura. El modelo global se presenta a continuación, ver figura 81.

Figura 81: Modelo global de la plataforma de andamio multidireccional móvil

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1 Apoyos

Los apoyos se posicionan a los extremos, estos poseen garruchas empennadas en las bases las cuales permitirán desplazar la plataforma, las dimensiones de los apoyos son de 0.39m de ancho por 7.71m de largo, el largo lo componen horizontales de 3.07m + 1.57m + 3.07m y ambos tienen 1.50m de alto. Los apoyos cuentan con verticales de 1.50m y 1.00m, ver figura 82.

Figura 82: Apoyos móviles de la plataforma de andamio

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Primer cuerpo en altura

El primer cuerpo de la plataforma está compuesto de verticales de 3.00m, la altura del primer cuerpo es de 2.00m, la distribución en longitud de la plataforma es de 1.57m + 2.57m + 2.57m + 2.07m + 1.57m, el primer cuerpo estará apoyado sobre la primera fila de horizontales de 0.39m el apoyo se efectúa haciendo uso de un empalme con semigrapa, el cual permite apoyar un vertical sobre una horizontal.

Sobre el vertical de 1.50m de los apoyos se embona un vertical de 2.00m el cual debe ser amarrado con los verticales de 3.00m del primer cuerpo de la plataforma. Para el proceso de montaje se deberán colocar apoyos auxiliares debajo de los verticales de 3.00m para poder armar el primer cuerpo, ver figura 83, 84 y 85.

Figura 83: Desarrollo del primer cuerpo de la plataforma de andamio – sin diagonales.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 84: Desarrollo del primer cuerpo de la plataforma de andamio – con diagonales.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 85: Detalle de elementos auxiliares y de refuerzo para primer cuerpo

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Diagonalización en planta y refuerzo de apoyos

La diagonalización en planta es importante para evitar posibles deformaciones de la estructura al momento del desplazamiento, también es necesario reforzar los apoyos de modo que podamos impedir que las fuerzas horizontales pandeen los verticales y/o garruchas, ver figura 86.

Figura 86: Detalle de diagonalización en planta y refuerzo de apoyos

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 Segundo cuerpo en altura

El segundo cuerpo de la plataforma es de 2.50m de alto, ver figura 87, los verticales son de 2.00m en la parte superior se distribuyen los horizontales dobles o reforzadas que servirán de apoyo para las plataformas de acero, ver figura 88.

Figura 87: Desarrollo del segundo cuerpo en altura – no se muestran plataformas

Fuente: Elaboración Propia

Figura 88: Distribución de plataformas de acero en segundo cuerpo

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Protección lateral

Llamamos protecciones laterales a las barandillas que impiden la caída del personal sobre a plataforma y a los rodapiés que impiden la caída de los materiales y herramientas con los que se trabaja. Las barandillas son los horizontales del andamio y están sujetas a verticales de 1.00m, ver figura 89.

Figura 89: Distribución de plataformas de acero en segundo cuerpo

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6 Acceso

El acceso propuesto viene desde la cota de apoyo del andamio hasta la plataforma superior.

Figura 90: Ubicación del Acceso

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7 Protección colectiva

A modo de salvaguardar la integridad física de los ocupantes del andamio y las personas que transiten en los pisos inferiores se propone forrar el inferior de la plataforma con malla raschel para impedir que materiales, y/o herramientas caigan a los niveles inferiores, para incrementar el área de acción de la protección se genera volados de 2.07m a los laterales, ver figura 91. También 02 ejes de líneas de vida serán necesarias para sujetar a los ocupantes ante cualquier imprevisto, las líneas de vida se instalarán 2.00m por encima del nivel de plataformado, ver figura 92.

Figura 91: *Instalación de malla raschel*

Fuente: Elaboración Propia

Figura 92: *Instalación de 02 ejes de líneas de vida*

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Proceso de montaje:

1. Antes de proceder con el montaje, se recomienda que el personal asignado a esta tarea esté debidamente entrenado en la labor, para ello se puede solicitar una capacitación a la empresa que arrienda los andamios o contratar a una consultora externa dedicada al entrenamiento de personal en andamios. El entrenamiento debe ser evaluado y certificado al final siempre y cuando el personal apruebe la capacitación. El certificado del entrenamiento puede ser solicitado por los encargados de la seguridad en obra, estos darán visto para empezar las labores de montaje.
2. Se recomienda evaluar la zona de montaje, esta deberá estar libre de obstáculos en los alrededores y en altura, sin peligro de cables energizados.
3. El personal Andamiero deberá contar con el Equipo de Protección Individual básico para la situación: Uniforme de trabajo, casco con barbiquejo, Protectores visuales, protectores auditivos, guantes, de seguridad, arnés con doble gancho.
4. Las herramientas y materiales necesarios para el montaje son: martillo, llave ratchet o de boca N° 19 y 22, cinturón porta herramientas, sogas.
5. El acarreo de material de andamio puede ser efectuado de diversas maneras según el escenario presente, puede llevarse desde la zona de acopio al interior o fuera de la obra con ayuda de la grúa torre, con carros fabricados con las mismas piezas de andamio o a pulso, aquí puede aprovecharse un poco el tiempo, ya que podemos empezar por acarrear las piezas con las que iniciaremos el montaje y dividir al personal para el acarreo y otro para que inicie el montaje.
6. Para nuestro escenario “Centro Comercial Sur”, el montaje de la plataforma de andamio se llevará a cabo en el 3° nivel, nuestra zona para empezar con el montaje son las plataformas de losa de concreto que unen los corredores laterales, esta será ideal ya que al inicio del montaje toda la estructura de andamio estará apoyada sobre esta y una vez terminada pasaremos a retirar los apoyos intermedios al que llamaremos en adelante “apoyos auxiliares”, logrando así liberar la estructura para poder desplazarla sobre los corredores. A continuación, se grafica la zona propicia para el montaje:

Figura 93: Zona para el montaje de la plataforma de andamio móvil

Fuente: Centro comercial Sur, etapa en construcción

7. Ahora damos pase con el montaje, para ello el personal andamiero tiene que tener un buen entendimiento de los planos para el armado, se recomienda proteger la zona del piso debido a que en esta etapa es posible que el acabado ya esté instalado, una buena práctica es distribuir cartón en la zona de armado. Empezamos ubicando los que serán los apoyos laterales de la estructura, estos son los que desplazaran el andamio cuando esté terminado, la conexión de los elementos se realiza mediante la chaveta de los elementos horizontales y/o diagonales, estos se insertan en las rosetas de los verticales y la fijación se hace mediante golpe de martillo.

Figura 94: Fijación de las piezas de andamio en la roseta

Fuente: Scafom Rux España (2017): 27

Figura 95: Instalación de los apoyos principales de la plataforma de andamio, vista en perspectiva en planos (izquierda), vista real (derecha)

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

8. Con los apoyos terminados podemos dar pase a unirlos por medio de horizontales y respetando la distribución de los formatos en planta, para esta etapa usaremos los apoyos auxiliares para soportar la estructura temporalmente. Es necesario ayudarnos de plataformas para para realizar el montaje, en esta etapa el personal andamiero debería estar enganchado a la estructura de andamio en todo momento considerando que ya estamos realizando trabajos en altura. En esta etapa se instalaran los elementos verticales, horizontales y diagonales que corresponde al primer cuerpo de la plataforma.

Figura 96: Instalación del primer cuerpo en altura de la plataforma de andamio, vista en perspectiva en planos (izquierda), vista real (derecha)

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

9. La instalación de las piezas continúa en altura, debemos asegurarnos de instalar todos los elementos posibles antes de continuar subiendo, de esta manera dejaremos menos pendientes para el final. Es importante asegurarnos que todas las chavetas queden

correctamente fijas en las rosetas, es posible que alguna de estas quede suelta debido al descuido del operario, estas deberán ser revisadas por la persona a cargo de la cuadrilla durante y al finalizar el montaje.

Figura 97: Vista del montaje desde otro ángulo, se pueden apreciar los apoyos auxiliares.

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

10. Debemos seguir subiendo en altura, para ello considerar que el personal andamiere siempre debe estar enganchado a la estructura del andamio, el ultimo nivel estará lleno de plataformas, en esta etapa se instalaran las horizontales dobles o reforzadas que servirán de soporte para estas.

Figura 98: Instalación del segundo y último cuerpo en altura de la plataforma de andamio, vista en perspectiva en planos (izquierda), vista real (derecha).

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

11. Verificar que todos los elementos del andamio se encuentren ubicados según las indicaciones en los planos de montaje, verificar las cuñas, estas deben estar debidamente enganchadas en la roseta, los dispositivos de seguridad, barandillas y rodapiés deben estar instalados en los niveles correspondientes, es importante verificar también la ubicación y sentido de las diagonales. Si se cumple con todo esto podemos dar pase a retirar los apoyos auxiliares relajando los niveladores.

Figura 99: Retirando los apoyos auxiliares para proceder con el desplazamiento.

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

12. Con los apoyos auxiliares retirados podemos dar pase a desplazar él andamio, tener en cuenta que no deben haber personas sobre el andamio cuando se realice esta maniobra, los frenos deben ser desactivados para el desplazamiento y activarlos cuando lo ubiquemos en la zona de trabajo, podemos realizar la maniobra de desplazamiento con 04 personas en distribuidos a cada extremo, para proteger el acabado en el piso podemos considerar colocar cartón en la trayectoria de desplazamiento.

Figura 100: Desplazamiento de la plataforma de andamio móvil.

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

Figura 101: Posicionamiento de la plataforma de andamio móvil en zona de trabajo

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

Figura 102: Posicionamiento de la plataforma de andamio móvil en zona de trabajo, vista inferior

Fuente: Proceso de montaje, andamio en Centro Comercial Sur

CAPÍTULO IV

El siguiente capítulo analiza los costos debido a la estructura de andamio que se requiere para ejecutar la partida de revestimiento, pero los compara con tres soluciones convencionales que se suelen emplear para realizar esta actividad. Concluiremos comparando los resultados por cada solución y así definir si la propuesta desarrollada en esta tesis es viable o no.

4 COMPARACIÓN DE LA PROPUESTA CON SOLUCIONES CONVENCIONALES

Las comparaciones que se van a desarrollar están relacionadas a la estructura de andamio que se requiere para ejecutar la actividad de revestimiento. Si analizamos el escenario en reversa, se puede deducir que para concluir con el entregable que es el revestimiento de falso cielo raso en centros comerciales se requiere ejecutar esta partida sobre una plataforma de andamio.

El último escenario a estudiar sería el trabajo de revestimiento sobre el andamio, puesto que para ello se requiere de la plataforma de andamio, el escenario a estudiar anterior a este sería la del armado o montaje de del andamio en sí, pero para lograr culminar esta plataforma de andamio se requiere adquirirla, este sería nuestro primer escenario a evaluar, la adquisición o arriendo.

Por lo tanto vamos a estudiar y comparar, la adquisición del material de andamio, que lo podemos deducir del arriendo o alquiler según costos conocidos o definidos por los proveedores locales; también evaluaremos cual es el costo de la estructura de andamio terminada al cual llamaremos montaje, y por último el costo asociado a la ejecución de esta partida sobre el andamio.

Las comparaciones a desarrollar se van a realizar con el sistema de andamio multidireccional y se van a considerar tres estructuras de andamio típicas adicionales a la que estamos evaluando desde el capítulo III de tal manera que pueda expresarse un comparativo entre ellas y evaluar la eficiencia en costos entre cada una.

A continuación se presenta y desarrolla la información necesaria para realizar el comparativo.

4.1 Información previa para realzar el comparativo

Para realizar el comparativo analizaremos los costos de una propuesta frente a otra, los costos a analizar son los del valor de arriendo del sistema de andamio, los costos producto de la mano de obra debido al montaje de los andamios y los trabajos de instalación del falso cielo raso sobre los andamios.

Previo a ello tendremos que uniformizar todas las propuestas para esto se propone usar los mismos ítems o piezas del sistema para cada propuesta, nos ayudaremos codificando, definiendo un el peso parcial y el costo de arriendo por mes por cada ítem o pieza del sistema multidireccional.

4.1.1 Codificación de los Ítems del sistema multidireccional.

Para uniformizar los comparativos de las propuestas y obtener una fácil lectura se propone codificar los ítems a usar en las propuestas, la tabla 6 muestra la codificación por ítem o piezas de andamio del sistema multidireccional.

Tabla 6: Codificación por cada ítem del sistema de andamio

CÓDIGO	DESCRIPCION
PA	Pieza de Arranque
BR	Base Regulable 0.60m
GG	Garrucha Giratoria de 8"
V50	Vertical 0.50m
V100	Vertical 1.00m
V150	Vertical 1.50m
V200	Vertical 2.00m
V300	Vertical 3.00m
H39	Horizontal 0.39m
H73	Horizontal 0.73m
H109	Horizontal 1.09m
H140	Horizontal 1.40m
H157	Horizontal 1.57m

H207	Horizontal 2.07m
H257	Horizontal 2.57m
H307	Horizontal 3.07m
HD157	Horizontal doble 1.57m
HD207	Horizontal doble 2.07m
HD257	Horizontal doble 2.57m
HD307	Horizontal doble 3.07m
D73	Diagonal 0.73m
D109	Diagonal 1.09m
D140	Diagonal 1.40m
D157	Diagonal 1.57m
D207	Diagonal 2.07m
D257	Diagonal 2.57m
D307	Diagonal 3.07m
R73	Rodapié 0.73m
R109	Rodapié 1.09m
R157	Rodapié 1.57m
R207	Rodapié 2.07m
R257	Rodapié 2.57m
R307	Rodapié 3.07m
M39	Ménsula 0.39m
M73	Ménsula 0.73m
M109	Ménsula 1.09m
T207	Trampilla aluminio 2.07m
T257	Trampilla aluminio 2.57m
T307	Trampilla aluminio 3.07m
PL32x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.32m
PL32x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.32m
PL32x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.32m
PL32x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.32m
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m

PL19x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.19m
PL19x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.19m
PL19x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.19m
PL19x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.19m
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m
ETS	Empalme de tubo con semigrapa
GF	Grapa fija SW 22
GG	Grapa Giratoria SW 22
GR	Grapa Roseta SW22
TA50	Tubo de arriostramiento de 0,50 m
TA100	Tubo de arriostramiento de 1,00 m
TA200	Tubo de arriostramiento de 2,00 m
TA300	Tubo de arriostramiento de 3,00 m
TA400	Tubo de arriostramiento de 4,00 m
TA500	Tubo de arriostramiento de 5,00 m
TA600	Tubo de arriostramiento de 6,00 m

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Definición de los pesos de los Ítems del sistema multidireccional.

Es importante considerar el peso de cada ítem, puesto que el peso total de la estructura está ligado directamente al rendimiento de montaje. Para cada propuesta se pretende considerar los mismos ítems de tal manera que se uniformice el comparativo.

La tabla 7 muestra los peso de cada ítem usado en las propuestas con sistema multidireccional, para nuestro análisis se usó la lista de pesos del sistema de andamio Ringscaff de la marca Scafom Rux.

Tabla 7: Peso por ítem considerado para el análisis

COD.	DESCRIPCION	PESO (Kg)
PA	Pieza de Arranque	1.7
BR	Base Regulable 0.60m	4
GG	Garrucha Giratoria de 8"	2.8
V50	Vertical 0.50m	3.4

V100	Vertical 1.00m	5.8
V150	Vertical 1.50m	8.2
V200	Vertical 2.00m	10.6
V300	Vertical 3.00m	15.4
H39	Horizontal 0.39m	1.9
H73	Horizontal 0.73m	3
H109	Horizontal 1.09m	4.4
H140	Horizontal 1.40m	5.5
H157	Horizontal 1.57m	6.1
H207	Horizontal 2.07m	7.9
H257	Horizontal 2.57m	9.6
H307	Horizontal 3.07m	11.4
HD157	Horizontal doble 1.57m	9.9
HD207	Horizontal doble 2.07m	13
HD257	Horizontal doble 2.57m	16.2
HD307	Horizontal doble 3.07m	19.3
D73	Diagonal 0.73m	7
D109	Diagonal 1.09m	7.5
D140	Diagonal 1.40m	7.9
D157	Diagonal 1.57m	8.2
D207	Diagonal 2.07m	9
D257	Diagonal 2.57m	10
D307	Diagonal 3.07m	11
R73	Rodapié 0.73m	2.4
R109	Rodapié 1.09m	3.4
R157	Rodapié 1.57m	4.7
R207	Rodapié 2.07m	6.1
R257	Rodapié 2.57m	7.5
R307	Rodapié 3.07m	8.7
M39	Ménsula 0.39m	4.2
M73	Ménsula 0.73m	6.6
M109	Ménsula 1.09m	11.5

T207	Trampilla aluminio 2.07m	26.6
T257	Trampilla aluminio 2.57m	27.1
T307	Trampilla aluminio 3.07m	30.4
PL32x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.32m	7.41
PL32x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.32m	9.71
PL32x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.32m	13.13
PL32x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.32m	16.66
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	19.9
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	23.62
PL19x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.19m	4.3
PL19x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.19m	5.8
PL19x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.19m	8
PL19x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.19m	10.2
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m	12.3
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	14.4
ETS	Empalme de tubo con semigrapa	1.4
GF	Grapa fija SW 22	1.2
GG	Grapa Giratoria SW 22	7.5
GR	Grapa Roseta SW22	1.2
TA50	Tubo de arriostamiento de 0,50 m	1.62
TA100	Tubo de arriostamiento de 1,00 m	3.3
TA200	Tubo de arriostamiento de 2,00 m	4.5
TA300	Tubo de arriostamiento de 3,00 m	5.5
TA400	Tubo de arriostamiento de 4,00 m	39.6
TA500	Tubo de arriostamiento de 5,00 m	16.5
TA600	Tubo de arriostamiento de 6,00 m	19.8

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Definición de los costos de arriendo por mes de los Ítems del sistema multidireccional.

Los costos de arriendo no consideran IGV, estos se expresan en nuevos soles (moneda peruana). La tabla 8 muestra los costos de arriendo por mes de cada ítem usado en las

propuestas con sistema multidireccional, para nuestro análisis se usó la lista de costo de arriendo del sistema de andamio Ringscaff de la marca Scafom Rux.

Tabla 8: Costos en soles por ítem considerado para el análisis

COD.	DESCRIPCION	Total (S/.)
PA	Pieza de Arranque	1.55
BR	Base Regulable 0.60m	2.50
GG	Garrucha Giratoria de 8"	19.10
V50	Vertical 0.50m	3.58
V100	Vertical 1.00m	4.54
V150	Vertical 1.50m	5.69
V200	Vertical 2.00m	6.96
V300	Vertical 3.00m	9.57
H39	Horizontal 0.39m	2.54
H73	Horizontal 0.73m	2.75
H109	Horizontal 1.09m	3.18
H140	Horizontal 1.40m	3.64
H157	Horizontal 1.57m	3.78
H207	Horizontal 2.07m	4.41
H257	Horizontal 2.57m	5.05
H307	Horizontal 3.07m	5.73
HD157	Horizontal doble 1.57m	8.25
HD207	Horizontal doble 2.07m	10.62
HD257	Horizontal doble 2.57m	12.15
HD307	Horizontal doble 3.07m	14.19
D73	Diagonal 0.73m	5.45
D109	Diagonal 1.09m	5.57
D140	Diagonal 1.40m	5.30
D157	Diagonal 1.57m	5.27
D207	Diagonal 2.07m	6.12
D257	Diagonal 2.57m	6.58
D307	Diagonal 3.07m	7.15

R73	Rodapié 0.73m	2.50
R109	Rodapié 1.09m	2.57
R157	Rodapié 1.57m	3.22
R207	Rodapié 2.07m	4.27
R257	Rodapié 2.57m	5.11
R307	Rodapié 3.07m	5.80
M39	Ménsula 0.39m	4.17
M73	Ménsula 0.73m	4.78
M109	Ménsula 1.09m	8.18
T207	Trampilla aluminio 2.07m	43.92
T257	Trampilla aluminio 2.57m	44.82
T307	Trampilla aluminio 3.07m	51.54
PL32x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.32m	8.76
PL32x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.32m	8.79
PL32x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.32m	9.04
PL32x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.32m	10.04
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	11.44
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	13.96
PL19x73	Plataf. Acero 0.73m x 0.19m	6.62
PL19x109	Plataf. Acero 1.09m x 0.19m	7.73
PL19x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.19m	7.85
PL19x207	Plataf. Acero 2.07m x 0.19m	8.83
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m	10.11
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	11.69
ETS	Empalme de tubo con semigrapa	2.94
GF	Grapa fija SW 22	0.83
GG	Grapa Giratoria SW 22	5.31
GR	Grapa Roseta SW22	4.30
TA50	Tubo de arriostramiento de 0,50 m	0.63
TA100	Tubo de arriostramiento de 1,00 m	1.26
TA200	Tubo de arriostramiento de 2,00 m	2.51
TA300	Tubo de arriostramiento de 3,00 m	3.77

TA400	Tubo de arriostramiento de 4,00 m	15.08
TA500	Tubo de arriostramiento de 5,00 m	6.29
TA600	Tubo de arriostramiento de 6,00 m	7.54

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Propuestas para realzar el comparativo

Se propone realizar 03 propuestas adicionales (P1, P2 y P3) para desarrollar el comparativo con la propuesta de plataforma de andamio móvil tipo puente (P4), esta última es el objetivo de la tesis, ver tabla 9.

Tabla 9: Codificación por propuestas

CODIGO	DESCRIPCIÓN
P1	TORRES DE ANDAMIO MÓVIL
P2	PLATAFORMA DE ANDAMIO DE 3.07 x 10.28
P3	PLATAFORMA DE ANDAMIO DE 5.14 x 10.28
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL

Fuente: Elaboración Propia

Para lograr una mejor comprensión y seguimiento de cada propuesta, se ha decidido codificar y graficar cada solución en altura, analizaremos las alturas en intervalos de 2.00m por ser esta la altura típica del cuerpo de un andamio. Con ayuda de la tabla 1 podemos deducir que las alturas que se requieren analizar van desde los 10.00m hasta 20.00m.

La sección transversal del área a trabajar en los trabajos de revestimiento muestra el posicionamiento de cada una de las propuestas de andamio según el espacio que los rodea. Esto nos puede ayudar a comprender el método de armado y uso que cada solución involucra debido a su diseño o geometría con respecto a su escenario o posición.

La distancia a recorrer para el acceso o acarreo de material es uno de los factores que puede expresar la imagen, así como la distancia para el montaje con respecto a su superficie de apoyo, También es posible deducir el ara que ocupa cada solución pues esto estaría ligado a la cantidad de material de andamio que requiere una solución frente a otra.

Figura 103: Propuestas presentes en el mismo espacio, izquierda (propuesta P1), centro (propuesta P2 y P3) y derecha (propuesta P4)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Torre de andamio móvil, denominada P1.

Se eligieron las torres de andamio móvil debido a que son las más usadas en trabajos localizados en altura, su capacidad de poder mantenerse estable en altura depende de las dimensiones de su base, Las torres de andamio presentan una ventaja para trabajos puntuales pero analizaremos que sucede cuando se requiere cubrir grandes superficie de trabajo.

A continuación la tabla 10 codifica cada propuesta en altura para **P1** y para expresar gráficamente la estructura se puede observar la figura 104, a la izquierda (P1-10) se muestra un andamio tipo torre de H=10.00m de altura y a la derecha (P1-18) un andamio tipo torre de H=18.00m.

Tabla 10: Codificación por solución en altura de la propuesta P1 – Torres de andamio móviles

TORRES DE ANDAMIO MÓVILES (P1)	
CÓDIGO	DESCRIPCION
P1-10	AND. MÓVIL DE 2.57 x 2.57 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA
P1-12	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA
P1-14	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

P1-16	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P1-18	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P1-20	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

Fuente: Elaboración Propia

Figura 104: Modelo de Torres Móviles de H=10.00m (P1-10) y 18.00m (P1-18)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Plataforma de andamio de 3.07 x 10.28, denominado P2.

Se eligió estas dimensiones de andamio debido a que abarca casi toda la anchura de la sección transversal de la zona a instalar el revestimiento, se consideró una anchura de andamio de 3.07m ya que es el formato con mayor dimensión que se comercializa en el mercado local.

A continuación la tabla 11 codifica cada propuesta en altura para **P2** y para expresar gráficamente la estructura se puede observar la figura 105, a la izquierda (P2-10) se muestra un andamio tipo torre de H=10.00m de altura y a la derecha (P2-18) un andamio tipo torre de H=18.00m.

Tabla 11: Codificación por solución en altura de la propuesta P2 – Plataforma de andamio móvil de 3.07m de ancho

CÓDIGO	DESCRIPCION
P2-10	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA
P2-12	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA

P2-14	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P2-16	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P2-18	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P2-20	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

Fuente: Elaboración Propia

Figura 105: Modelo de Plataformas de andamio móvil de 3.07m de ancho y H=10.00m (P2-10) y H=18.00m (P2-18)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Plataforma de andamio de 5.14 x 10.28, denominado P3

La longitud de esta propuesta se mantiene con respecto a la anterior. Se consideró una anchura de andamio de 5.14m a modo de poder cubrir mayor área de trabajo. No se eligió una anchura mayor puesto que las garruchas no pueden soportar la carga producida por el propio peso de la estructura en un estado dinámico.

CÓDIGO	DESCRIPCION
P3-10	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-12	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

P3-14	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-16	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-18	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-20	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

A continuación la tabla 12 codifica cada propuesta en altura para **P3** y para expresar gráficamente la estructura se puede observar la figura 106, a la izquierda (P3-10) se muestra un andamio tipo torre de H=10.00m de altura y a la derecha (P3-18) un andamio tipo torre de H=18.00m.

Tabla 12: Codificación por solución en altura de la propuesta P3 – Plataforma de andamio móvil de 5.14m de ancho

CÓDIGO	DESCRIPCION
P3-10	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-12	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-14	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-16	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-18	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA
P3-20	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA

Fuente: Elaboración Propia

Figura 106: Modelo de Plataformas de andamio móvil de 5.14m de ancho y H=10.00m (P3-10) y H=18.00m (P3-18)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4 Plataforma de andamio móvil de 7.71 x 10.35, denominado P4.

Las consideraciones y características de esta plataforma de andamio se desarrollaron en el capítulo III de esta tesis. La tabla 6 mantiene la codificación de esta plataforma debido a que el diseño no se altera con respecto a la altura, esta propuesta mantiene su geometría. Para expresar gráficamente la estructura se puede observar la figura 81.

4.3 Metrados, pesos y costos por solución

Por cada solución se va a definir el peso y costo por arriendo según su metrado.

4.3.1 Pesos por solución P1, P2, P3 y P4.

Nos ayudaremos con el metrado o conteo de piezas que se requiere por cada solución de tal manera que podamos definir el peso total de la estructura multiplicando los pesos unitarios por la cantidad de ítems requeridos. Las siguientes tablas muestran los pesos en Kilogramos (Kg) totales de las diferentes soluciones por cada propuesta.

Tabla 13: Metrado y peso total (Kg) por cada solución de la propuesta de andamio P1

CODIGO	DESCRIPCION	Peso Parcial (Kg)	P1-10	P1-12	P1-14	P1-16	P1-18	P1-20
PA	Pieza de Arranque	1.70	4	4	10	10	10	10
BR	Base Regulable 0.60m	4.00	4	4	10	10	10	10
GG	Garrucha Giratoria de 8"	2.80	4	4	4	4	4	4
V100	Vertical 1.00m	5.80	12	14	16	18	20	22
V200	Vertical 2.00m	10.60	20	24	36	46	56	66
H73	Horizontal 0.73m	3.00	16	20	32	40	32	36
H109	Horizontal 1.09m	4.40	0	0	6	0	16	20
H207	Horizontal 2.07m	7.90	0	0	0	8	0	0
H257	Horizontal 2.57m	9.60	46	0	0	0	0	0
H307	Horizontal 3.07m	11.40	0	54	69	80	101	114
HD257	Horizontal doble 2.57m	16.20	2	0	0	0	0	0
HD307	Horizontal doble 3.07m	19.30	0	2	2	2	2	2
D73	Diagonal 0.73m	7.00	0	0	8	12	0	0
D109	Diagonal 1.09m	7.50	0	0	6	0	16	20
D207	Diagonal 2.07m	9.00	0	0	0	8	0	0
D257	Diagonal 2.57m	10.00	20	0	0	0	0	0
D307	Diagonal 3.07m	11.00	0	24	32	39	56	65
R73	Rodapie 0.73m	2.40	8	10	12	14	16	18
R257	Rodapie 2.57m	7.50	12	0	0	0	0	0
R307	Rodapie 3.07m	8.70	0	14	16	18	20	22
T257	Trampilla aluminio 2.57m	27.10	5	0	0	0	0	0
T307	Trampilla aluminio 3.07m	30.40	0	6	7	8	9	10
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	19.90	7	0	0	0	0	0
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	23.62	0	9	9	9	9	9
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m	12.30	1	0	0	0	0	0
ETS	Empalme de tubo con semigrapa	1.40	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.50	4	2	4	6	8	8
TA400	Tubo de arriostamiento de 4,00 m	13.20	2	0	0	0	0	0
TA500	Tubo de arriostamiento de 5,00 m	16.50	0	1	2	3	4	4
PESOS POR SOLUCIÓN (Kg)			1477.5	1922.08	2592.38	3103.08	3669.18	4148.98

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	---

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Metrado y peso total (Kg) por cada solución de la propuesta de andamio P2

CODIGO	DESCRIPCION	Peso Parcial (Kg)	P2-10	P2-12	P2-14	P2-16	P2-18	P2-20
PA	Pieza de Arranque	1.70	10	10	20	20	20	20
BR	Base Regulable 0.60m	4.00	10	10	20	20	20	20
GG	Garrucha Giratoria de 8"	2.80	10	10	10	10	10	10
V100	Vertical 1.00m	5.80	18	20	22	24	26	28
V200	Vertical 2.00m	10.60	50	60	80	100	120	140
H73	Horizontal 0.73m	3.00	16	20	44	58	32	36
H109	Horizontal 1.09m	4.40	0	0	0	0	40	50
H257	Horizontal 2.57m	9.60	64	72	96	112	128	144
H307	Horizontal 3.07m	11.40	50	59	68	77	86	95
HD257	Horizontal doble 2.57m	16.20	8	8	8	8	8	8
D73	Diagonal 0.73m	7.00	0	0	20	30	0	0
D109	Diagonal 1.09m	7.50	0	0	0	0	40	50
D257	Diagonal 2.57m	10.00	20	24	32	40	48	56
D307	Diagonal 3.07m	11.00	25	30	35	40	45	50
R73	Rodapie 0.73m	2.40	8	10	12	14	16	18
R257	Rodapie 2.57m	7.50	8	8	8	8	8	8
R307	Rodapie 3.07m	8.70	10	12	14	16	18	20
T307	Trampilla aluminio 3.07m	30.40	5	6	7	8	9	10
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	23.62	24	24	24	24	24	24
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	14.40	4	4	4	4	4	4
ETS	Empalme de tubo con semigrapa	1.40	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.50	16	16	24	24	24	32
TA500	Tubo de arriostamiento de 5,00 m	16.50	8	8	12	12	12	16
PESOS POR SOLUCIÓN (Kg)			3666.28	4125.68	5219.68	6001.88	6860.08	7739.28

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	---

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Metrado y peso total (Kg) por cada solución de la propuesta de andamio P3

CODIGO	DESCRIPCION	Peso Parcial (Kg)	P3-10	P3-12	P3-14	P3-16	P3-18	P3-20
PA	Pieza de Arranque	1.70	15	15	15	15	15	15
BR	Base Regulable 0.60m	4.00	15	15	15	15	15	15
GG	Garrucha Giratoria de 8"	2.80	15	15	15	15	15	15
V100	Vertical 1.00m	5.80	23	25	27	29	31	33
V200	Vertical 2.00m	10.60	75	90	105	120	135	150
H73	Horizontal 0.73m	3.00	16	20	24	28	32	36
H207	Horizontal 2.07m	7.90	29	34	39	44	49	54
H257	Horizontal 2.57m	9.60	80	92	104	116	128	140
H307	Horizontal 3.07m	11.40	50	59	68	77	86	95
HD207	Horizontal doble 2.07m	13.00	5	5	5	5	5	5
HD257	Horizontal doble 2.57m	16.20	8	8	8	8	8	8
D257	Diagonal 2.57m	10.00	30	36	42	48	54	60
D307	Diagonal 3.07m	11.00	25	30	35	40	45	50
R73	Rodapie 0.73m	2.40	8	10	12	14	16	18
R207	Rodapie 2.07m	6.10	2	2	2	2	2	2
R257	Rodapie 2.57m	7.50	8	8	8	8	8	8
R307	Rodapie 3.07m	8.70	10	12	14	16	18	20
T307	Trampilla aluminio 3.07m	30.40	5	6	7	8	9	10
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	19.90	24	24	24	24	24	24
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	23.62	24	24	24	24	24	24
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	14.40	4	4	4	4	4	4
ETS	Empallme de tubo con semigrapa	1.40	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.50	32	32	32	32	32	32
TA500	Tubo de arriostamiento de 5,00 m	16.50	16	16	16	16	16	16
PESOS POR SOLUCIÓN (Kg)			5196.28	5806.58	6416.88	7027.18	7637.48	8247.78

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Metrado y peso total (Kg) por la propuesta de andamio P4

CODIGO	DESCRIPCION	Peso Parcial (Kg)	P4
PA	Pieza de Arranque	1.70	24
BR	Base Regulable 0.60m	4.00	16
GG	Garrucha Giratoria de 8"	2.80	16
V100	Vertical 1.00m	5.80	16
V300	Vertical 3.00m	15.40	48
V50 s/e	Vertical 0.50m, sin espiga	2.40	12
V150 s/e	Vertical 1.50m, sin espiga	7.20	16
V200 s/e	Vertical 2.00m, sin espiga	9.60	4
H39	Horizontal 0.39m	1.90	48
H73	Horizontal 0.73m	3.00	12
H157	Horizontal 1.57m	6.10	87
H207	Horizontal 2.07m	7.90	40
H257	Horizontal 2.57m	9.60	52
H307	Horizontal 3.07m	11.40	110
HD157	Horizontal doble 1.57m	9.90	6
HD257	Horizontal doble 2.57m	16.20	8
D157	Diagonal 1.57m	8.20	12
D207	Diagonal 2.07m	9.00	20
D257	Diagonal 2.57m	10.00	40
D307	Diagonal 3.07m	11.00	24
R73	Rodapie 0.73m	2.40	6
R157	Rodapie 1.57m	4.70	9
R207	Rodapie 2.07m	6.10	6
R257	Rodapie 2.57m	7.50	12
R307	Rodapie 3.07m	8.70	12
T257	Trampilla aluminio 2.57m	27.10	4
PL32x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.32m	13.13	36
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	19.90	2
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	23.62	64
PL19x157	Plataf. Acero 1.57m x 0.19m	8.00	4
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m	12.30	1
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	14.40	4
ETS	Empallme de tubo con semigrapa	1.40	8
GF	Grapa fija SW 22	1.20	76
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.50	16
TA300	Tubo de arriostamiento de 3,00 m	5.50	8
TA400	Tubo de arriostamiento de 4,00 m	13.20	12
TA600	Tubo de arriostamiento de 6,00 m	19.80	2
PP	Pernos M12 x 65mm con tuerca	0.10	76
PESOS POR SOLUCIÓN (Kg)			7920.66

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Metrado y costo de arriendo mensual (S/.) por cada solución de la propuesta P1

CODIGO	DESCRIPCION	Arriendo x Mes (S/.)	P1-10	P1-12	P1-14	P1-16	P1-18	P1-20
PA	Pieza de Arranque	1.55	4	4	10	10	10	10
BR	Base Regulable 0.60m	2.50	4	4	10	10	10	10
GG	Garrucha Giratoria de 8"	19.10	4	4	4	4	4	4
V100	Vertical 1.00m	4.54	12	14	16	18	20	22
V200	Vertical 2.00m	6.96	20	24	36	46	56	66
H73	Horizontal 0.73m	2.75	16	20	32	40	32	36
H109	Horizontal 1.09m	3.18	0	0	6	0	16	20
H207	Horizontal 2.07m	4.41	0	0	0	8	0	0
H257	Horizontal 2.57m	5.05	46	0	0	0	0	0
H307	Horizontal 3.07m	5.73	0	54	69	80	101	114
HD257	Horizontal doble 2.57m	12.15	2	0	0	0	0	0
HD307	Horizontal doble 3.07m	14.19	0	2	2	2	2	2
D73	Diagonal 0.73m	5.45	0	0	8	12	0	0
D109	Diagonal 1.09m	5.57	0	0	6	0	16	20
D207	Diagonal 2.07m	6.12	0	0	0	8	0	0
D257	Diagonal 2.57m	6.58	20	0	0	0	0	0
D307	Diagonal 3.07m	7.15	0	24	32	39	56	65
R73	Rodapie 0.73m	2.50	8	10	12	14	16	18
R257	Rodapie 2.57m	5.11	12	0	0	0	0	0
R307	Rodapie 3.07m	5.80	0	14	16	18	20	22
T257	Trampilla aluminio 2.57m	44.82	5	0	0	0	0	0
T307	Trampilla aluminio 3.07m	51.54	0	6	7	8	9	10
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	11.44	7	0	0	0	0	0
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	13.96	0	9	9	9	9	9
PL19x2.57	Plataf. Acero 2.57m x 0.19m	10.11	1	0	0	0	0	0
ETS	Empallme de tubo con semigrapa	2.94	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.06	4	2	4	6	8	8
TA400	Tubo de arriostamiento de 4,00 m	5.03	2	0	0	0	0	0
TA500	Tubo de arriostamiento de 5,00 m	6.29	0	1	2	3	4	4
COSTO DE ARRIENDO POR MES (S/.)			1151.92	1466.64	1938.23	2287.95	2659.47	2997.06

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Metrado y costo de arriendo mensual (S/.) por cada solución de la propuesta P2

CODIGO	DESCRIPCION	Arriendo x Mes (S/.)	P2-10	P2-12	P2-14	P2-16	P2-18	P2-20
PA	Pieza de Arranque	1.55	10	10	20	20	20	20
BR	Base Regulable 0.60m	2.50	10	10	20	20	20	20
GG	Garrucha Giratoria de 8"	19.10	10	10	10	10	10	10
V100	Vertical 1.00m	4.54	18	20	22	24	26	28
V200	Vertical 2.00m	6.96	50	60	80	100	120	140
H73	Horizontal 0.73m	2.75	16	20	44	58	32	36
H109	Horizontal 1.09m	3.18	0	0	0	0	40	50
H257	Horizontal 2.57m	5.05	64	72	96	112	128	144
H307	Horizontal 3.07m	5.73	50	59	68	77	86	95
HD257	Horizontal doble 2.57m	12.15	8	8	8	8	8	8
D73	Diagonal 0.73m	5.45	0	0	20	30	0	0
D109	Diagonal 1.09m	5.57	0	0	0	0	40	50
D257	Diagonal 2.57m	6.58	20	24	32	40	48	56
D307	Diagonal 3.07m	7.15	25	30	35	40	45	50
R73	Rodapie 0.73m	2.50	8	10	12	14	16	18
R257	Rodapie 2.57m	5.11	8	8	8	8	8	8
R307	Rodapie 3.07m	5.80	10	12	14	16	18	20
T307	Trampilla aluminio 3.07m	51.54	5	6	7	8	9	10
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	13.96	24	24	24	24	24	24
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	11.69	4	4	4	4	4	4
ETS	Empallme de tubo con semigrapa	2.94	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.06	16	16	24	24	24	32
TA500	Tubo de arriostamiento de 5.00 m	6.29	8	8	12	12	12	16
COSTO DE ARRIENDO POR MES (S/.)			2571.91	2889.68	3622.21	4158.25	4716.54	5291.78

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Metrado y costo de arriendo mensual (S/.) por cada solución de la propuesta P3

CODIGO	DESCRIPCION	Arriendo x Mes (S/.)	P3-10	P3-12	P3-14	P3-16	P3-18	P3-20
PA	Pieza de Arranque	1.55	15	15	15	15	15	15
BR	Base Regulable 0.60m	2.50	15	15	15	15	15	15
GG	Garrucha Giratoria de 8"	19.10	15	15	15	15	15	15
V100	Vertical 1.00m	4.54	23	25	27	29	31	33
V200	Vertical 2.00m	6.96	75	90	105	120	135	150
H73	Horizontal 0.73m	2.75	16	20	24	28	32	36
H207	Horizontal 2.07m	4.41	29	34	39	44	49	54
H257	Horizontal 2.57m	5.05	80	92	104	116	128	140
H307	Horizontal 3.07m	5.73	50	59	68	77	86	95
HD207	Horizontal doble 2.07m	10.62	5	5	5	5	5	5
HD257	Horizontal doble 2.57m	12.15	8	8	8	8	8	8
D257	Diagonal 2.57m	6.58	30	36	42	48	54	60
D307	Diagonal 3.07m	7.15	25	30	35	40	45	50
R73	Rodapie 0.73m	2.50	8	10	12	14	16	18
R207	Rodapie 2.07m	4.27	2	2	2	2	2	2
R257	Rodapie 2.57m	5.11	8	8	8	8	8	8
R307	Rodapie 3.07m	5.80	10	12	14	16	18	20
T307	Trampilla aluminio 3.07m	51.54	5	6	7	8	9	10
PL32x257	Plataf. Acero 2.57m x 0.32m	11.44	24	24	24	24	24	24
PL32x307	Plataf. Acero 3.07m x 0.32m	13.96	24	24	24	24	24	24
PL19x3.07	Plataf. Acero 3.07m x 0.19m	11.69	4	4	4	4	4	4
ETS	Empallme de tubo con semigrapa	2.94	8	10	12	14	16	18
GG	Grapa Giratoria SW 22	1.06	32	32	32	32	32	32
TA500	Tubo de arriostamiento de 5.00 m	6.29	16	16	16	16	16	16
COSTO DE ARRIENDO POR MES (S/.)			3562.44	3970.44	4378.44	4786.43	5194.43	5602.43

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Metrado y costo de arriendo mensual (S/.) para la propuesta P4

CODIGO	DESCRIPCION	Arriendo x Mes (S/.)	P4
PA	Pieza de Arranque	1.55	24
BR	Base Regulable 0.60m	2.50	16
GG	Garrucha Giratoria de 8"	19.10	16
V100	Vertical 1.00m	4.54	16
V300	Vertical 3.00m	9.57	48
V50 s/e	Vertical 0.50m, sin espiga	2.74	12
V150 s/e	Vertical 1.50m, sin espiga	4.86	16
V200 s/e	Vertical 2.00m, sin espiga	6.07	4
H39	Horizontal 0.39m	2.54	48
H73	Horizontal 0.73m	2.75	12
H157	Horizontal 1.57m	3.78	87
H207	Horizontal 2.07m	4.41	40
H257	Horizontal 2.57m	5.05	52
H307	Horizontal 3.07m	5.73	110
HD157	Horizontal doble 1.57m	8.25	6

P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA
----	--

Fuente: Elaboración Propia

Con las tablas 17, 18, 19 y 20 contamos con los costos por arriendo unitario por solución pero para estimar el valor real por arriendo de andamio para realizar la actividad de revestimiento es necesario definir cuantos módulos se necesitan para tal fin.

Podemos partir de que las propuestas P1, P2 y P3 se van a comparar con la propuesta P4 y esta tiene una superficie de plataforma de 79.8m^2 , podemos estimar la cantidad de veces que es necesario desplazar la estructura móvil para cada propuesta visto en planta, Con esto podemos estimar cuantas estructuras de andamio se requiere por cada solución.

En las siguientes tablas se mostraran los costos por solución en resumen por cada solución y también información del peso, área y volúmenes de cada una de ellas, adicionalmente obtendremos ratios que presentaremos en los comparativos más adelante.

Para la solución de torres móviles P1 se entiende que el área de trabajo es la sexta parte comparándola con la propuesta P4 para comprender lo descrito se muestra la figura 107 con los desplazamientos a realizar con la propuesta de torres móviles, analizando la imagen se puede estimar que se requiere 06 torres móviles para conseguir la misa área del P4.

Tabla 21: Costos por arriendo al mes para 01 torre móvil (P1), alturas de 10.00m a 20.00m

			ALTURA	PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLUMEN	RATIO 1	RATIO 2
COD.	Cant.	DESCRIPCIÓN	m	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios							
P1-10	1	AND. MÓVIL DE 2.57 x 2.57 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	10	1,477.50	1,151.92	6.60	72.65	20.34	223.70
P1-12	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	12	1,922.08	1,466.64	9.42	122.52	15.69	203.94
P1-14	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	14	2,592.38	1,938.23	9.42	160.27	16.18	275.06
P1-16	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	16	3,103.08	2,287.95	9.42	197.12	15.74	329.24
P1-18	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	18	3,669.18	2,659.47	9.42	259.69	14.13	389.31
P1-20	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	20	4,148.98	2,997.06	9.42	298.07	13.92	440.21

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa Scafom-Rux

Figura 107: Desplazamientos de las torres de andamio móvil (P1) para cada actividad, vista en planta, se muestran 60 desplazamientos.

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 22 muestra un resumen con los costos por arriendo para 06 juegos del P1

Tabla 22: Costos por arriendo al mes para 06 torres móviles (P1), alturas de 10.00m a 20.00m

			ALTURA	PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLUMEN	RATIO 1	RATIO 2
COD.	Cant.	DESCRIPCIÓN	m	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios							
P1-10	6	AND. MÓVIL DE 2.57 x 2.57 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	10	8,865.00	6,911.50	39.63	435.92	20.34	223.70
P1-12	6	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	12	11,532.48	8,799.85	56.55	735.14	15.69	203.94
P1-14	6	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	14	15,554.28	11,629.40	56.55	961.62	16.18	275.06
P1-16	6	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	16	18,618.48	13,727.72	56.55	1,182.75	15.74	329.24
P1-18	6	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	18	22,015.08	15,956.84	56.55	1,558.15	14.13	389.31
P1-20	6	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	20	24,893.88	17,982.34	56.55	1,788.40	13.92	440.21

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa Scafom-Rux

Para la solución de plataforma P2 se tiene que el área de trabajo es casi la mitad en comparación con la P4, para comprender lo descrito se muestra la figura 108 con los desplazamientos a realizar con la propuesta de plataforma, analizando la imagen se puede estimar que se requiere 02 plataformas móviles para conseguir la misa área del P4.

Tabla 23: Costos por arriendo al mes para 01 plataforma móvil (P2), alturas de 10.00m a 20.00m

			PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLÚMEN	RATIO 1	RATIO 2
COD.	Cant.	DESCRIPCIÓN	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios						
P2-10	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	3,666.28	2,571.91	31.56	347.16	10.56	116.17
P2-12	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	4,125.68	2,889.68	31.56	410.27	10.06	130.73
P2-14	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	5,219.68	3,622.21	31.56	518.42	10.07	165.39
P2-16	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	6,001.88	4,158.25	31.56	611.56	9.81	190.18
P2-18	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	6,860.08	4,716.54	31.56	756.51	9.07	217.37
P2-20	1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	7,739.28	5,291.78	31.56	864.45	8.95	245.23

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa

Scafom-Rux

Tabla 24: Costos por arriendo al mes para 02 plataforma móvil (P2), alturas de 10.00m a 20.00m

			PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLÚMEN	RATIO 1	RATIO 2
COD.	Cant.	DESCRIPCIÓN	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios						
P2-10	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	7,332.56	5,143.82	63.12	694.31	10.56	116.17
P2-12	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	8,251.36	5,779.37	63.12	820.55	10.06	130.73
P2-14	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	10,439.36	7,244.42	63.12	1,036.84	10.07	165.39
P2-16	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	12,003.76	8,316.50	63.12	1,223.11	9.81	190.18
P2-18	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	13,720.16	9,433.07	63.12	1,513.01	9.07	217.37
P2-20	2	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	15,478.56	10,583.55	63.12	1,728.89	8.95	245.23

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa

Scafom-Rux

Figura 108: Desplazamientos de la plataforma de andamio móvil (P2) para cada actividad, vista en planta, se muestran 21 desplazamientos.

Fuente: Elaboración Propia

Para la solución de plataforma P3 se tiene que el área de trabajo es casi la mitad en comparación con la P4, para comprender lo descrito se muestra la figura 109 con los desplazamientos a realizar con la propuesta de plataforma, analizando la imagen se puede estimar que se requiere 02 plataformas móviles para conseguir la misma área del P4

Tabla 25: Costos por arriendo al mes para la plataforma móvil (P3), alturas de 10.00m a 20.00m

			PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLÚMEN	RATIO 1	RATIO 2
ITEM	Cant.	DESCRIPCIÓN	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios						
P3-10	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	5,196.28	7,124.88	52.84	581.23	8.94	98.34
P3-12	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	5,806.58	3,970.44	52.84	686.91	8.45	109.89
P3-14	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	6,416.88	4,378.44	52.84	792.59	8.10	121.44
P3-16	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	7,027.18	4,786.43	52.84	898.27	7.82	132.99
P3-18	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	7,637.48	5,194.43	52.84	1,003.94	7.61	144.54
P3-20	1	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	8,247.78	5,602.43	52.84	1,109.62	7.43	156.09

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa Scafom-Rux

Tabla 26: Costos por arriendo al mes para 02 plataforma móvil (P3), alturas de 10.00m a 20.00m

			PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLÚMEN	RATIO 1	RATIO 2
ITEM	Cant.	DESCRIPCIÓN	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
		Andamios						
P3-10	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	10,392.56	7,124.88	105.68	1,162.46	8.94	98.34
P3-12	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	11,613.16	7,940.88	105.68	1,373.82	8.45	109.89
P3-14	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	12,833.76	8,756.87	105.68	1,585.18	8.10	121.44
P3-16	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	14,054.36	9,572.87	105.68	1,796.53	7.82	132.99
P3-18	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	15,274.96	10,388.86	105.68	2,007.89	7.61	144.54
P3-20	2	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	16,495.56	11,204.86	105.68	2,219.25	7.43	156.09

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa Scafom-Rux

Figura 109: Desplazamientos de la plataforma de andamio móvil (P3) para cada actividad, vista en planta, se muestran 12 desplazamientos.

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 12 muestra en resumen el costo de arriendo para la propuesta P4.

Tabla 27: Costos por arriendo al mes para la plataforma móvil (P4)

		PESO	ALQUILER	ÁREA	VOLUMEN	RATIO 1	RATIO 2
ITEM	DESCRIPCIÓN	Kg.	S/.	m2	m3	Kg/m3	Kg/m2
	Andamios						
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	7,920.66	5,296.80	79.80	363.60	21.78	99.26
	Sistema de Andamio Multidireccional						

Fuente: Elaboración propia, los costos están basados en la tasa de arriendo de la empresa Scafom-Rux

4.3.2 Costos de mano de obra por montaje de andamios por solución P1, P2, P3 y P4.

Un ratio de montaje conocido y los costos de mano de obra establecidos en una localidad nos puede ayudar a definir el costo por montaje o armado de las estructuras de andamio.

El rendimiento de montaje está asociado al peso de la solución a armar. La práctica en el tema nos arroja un ratio de 1500 Kg/día por persona, esto es válido para una instalación de andamios hasta máximo 10.00m de altura, este ratio va decreciendo a razón de 50kg/día por cada 02.00m en altura adicional.

El costo de la mano de obra puede estar establecida según la ubicación geográfica del proyecto, para nuestro análisis se ha tomado información de la revista peruana constructivo de enero del 2019.

Figura 110: Costos de hora hombre en edificaciones (en nuevos soles).

Descripción	Operario S/.	Oficial S/.	Peón S/.
Salario Basico	67.20	53.70	48.10
Bonificacion Unificada	21.50	16.11	14.43
Movilidad	7.20	7.20	7.20
Dominical	11.79	9.42	8.44
Liquidacion y utilidades	10.08	8.06	7.22
Vacaciones	7.75	6.19	5.55
Gratificaciones	14.93	11.93	10.69
Dias Feriados	2.52	2.01	1.80
Asignacion Escolar	16.80	13.43	12.03
Prestaciones de Salud	11.33	8.93	8.00
Accidentes de Trabajo	1.62	1.30	1.16
Overol	0.47	0.47	0.47
Costo Total	173.20	138.75	125.08
Costo por Hora	21.65	17.34	15.64

Fuente: Constructivo (2019)

Ya contamos con los costos por mano de obra, ahora nos toca estimar cuanto de mano de obra se requiere para cada solución, a continuación con ayuda de las figuras 107, 108 y 109 definimos la cantidad de juegos que se requiere por propuesta y con la información del peso multiplicado por el ratio de montaje podemos estimar los costos para cada solución.

Tabla 28: Costos por montaje de torres móviles x 06 juegos (P1)

		Altura	PESO	CUADRILLA			RENDIMIENTO	APU	COSTO	Días
COD.	DESCRIPCIÓN	m	Kg.	#	OP	AY	Kg/día	Soles/Kg	(Soles)	Instalación
	Andamios									
P1-10	AND. MÓVIL DE 2.57 x 2.57 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	10	8,865.00	1.00	3.00	1.00	1,500.00	0.43	3,810.30	1.48
P1-12	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	12	11,532.48	2.00	3.00	1.00	1,450.00	0.89	10,255.48	0.99
P1-14	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	14	15,554.28	2.00	3.00	1.00	1,400.00	0.92	14,325.94	1.39
P1-16	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	16	18,618.48	2.00	3.00	1.00	1,350.00	0.96	17,783.27	1.72
P1-18	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	18	22,015.08	3.00	3.00	1.00	1,300.00	1.49	32,754.37	1.41
P1-20	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	20	24,893.88	3.00	3.00	1.00	1,250.00	1.55	38,519.00	1.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Costos por montaje plataforma móvil x 02 juegos (P2)

		PESO	CUADRILLA			RENDIMIENTO	APU	COSTO	Días
COD.	DESCRIPCIÓN	Kg.	#	OP	AY	Kg/día	Soles/Kg	(Soles)	Instalación
	Andamios								
P2-10	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA	7,332.56	1.00	3.00	1.00	1,500.00	0.43	3,151.63	1.22
P2-12	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA	8,251.36	1.00	3.00	1.00	1,450.00	0.44	3,668.84	1.42
P2-14	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	10,439.36	2.00	3.00	1.00	1,400.00	0.92	9,614.95	0.93
P2-16	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	12,003.76	2.00	3.00	1.00	1,350.00	0.96	11,465.28	1.11
P2-18	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	13,720.16	2.00	3.00	1.00	1,300.00	0.99	13,608.71	1.32
P2-20	AND. MÓVIL DE 3.07 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	15,478.56	2.00	3.00	1.00	1,250.00	1.03	15,966.94	1.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Costos por montaje plataforma móvil x 02 juegos (P3)

		PESO	CUADRILLA			RENDIMIENTO	APU	COSTO	Días
COD.	DESCRIPCIÓN	Kg.	#	OP	AY	Kg/día	Soles/Kg	(Soles)	Instalación
	Andamios								
P3-10	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=10.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	10,392.56	1.00	3.00	1.00	1,500.00	0.43	4,466.86	1.73
P3-12	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=12.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	11,613.16	2.00	3.00	1.00	1,450.00	0.89	10,327.22	1.00
P3-14	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=14.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	12,833.76	2.00	3.00	1.00	1,400.00	0.92	11,820.26	1.15
P3-16	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=16.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	14,054.36	2.00	3.00	1.00	1,350.00	0.96	13,423.89	1.30
P3-18	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=18.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	15,274.96	2.00	3.00	1.00	1,300.00	0.99	15,150.88	1.47
P3-20	AND. MÓVIL DE 5.14 x 10.28 x H=20.00 + 1.00m DE BARANDA + CA	16,495.56	2.00	3.00	1.00	1,250.00	1.03	17,016.03	1.65

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del costo por montaje de la plataforma móvil P4 si consideramos la influencia de la altura, puesto que existe una disminución en el ratio de montaje por acarreo debido a la altura, la tabla 16 muestra el desarrollo

Tabla 31: Costos por montaje plataforma móvil (P4)

		Altura (m)	PESO	CUADRILLA			RENDIMIENTO	APU	COSTO	Días
ITEM	DESCRIPCIÓN		Kg.	#	OP	AY	Kg/día	Soles/Kg	(Soles)	Instalación
	Andamios									
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	10.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,500.00	0.43	3,404.41	1.32
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	12.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,400.00	0.46	3,647.58	1.41
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	14.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,300.00	0.50	3,928.16	1.52
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	16.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,200.00	0.54	4,255.51	1.65
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	18.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,100.00	0.59	4,642.37	1.80
P4	AND. MÓVIL DE 7.71 x 10.35 x H=4.50 + 1.00m DE BARANDA	20.00	7,920.66	1.00	3.00	1.00	1,000.00	0.64	5,106.61	1.98

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Costos por mano de obra en la instalación de revestimiento por solución P1, P2, P3 y P4.

Para analizar los costos por revestimiento se toma la información brindada de la obra “Centro comercial Sur” en la cual la empresa contratista encargada de ejecutar esta partida puso en práctica el empleo de la propuesta de plataforma de andamio móvil (P4). La ejecución de esta partida se ha dividido en 03 actividades, la primera es trazado e instalación de la estructura portante, instalación de planchas de Drywall y masillado y masillado final y acabado. Los datos que se rescataron del proyecto fueron los siguientes:

Tabla 32: Rendimientos extraídos durante la ejecución de la partida de revestimiento (P4)

RENDIMIENTOS DE TRABAJO EN CENTRO COMERCIAL SUR - INSTALACIÓN DE DRYWALL			
DÍAS DE INSTALACIÓN	INSTALADORES (OP)	MASILLADORES (OF)	ÁREA DE INSTALACIÓN (m2)
18	6	3	780

Fuente: Elaboración propia

Como solo se cuenta con la información de los rendimientos extraídos de la obra Centro comercial Sur y solo con el uso de la propuesta de plataforma de andamio móvil (P4), tomaremos esta información como punto de partida para analizar las 03 propuestas adicionales, considerando rendimientos de acuerdo a la naturaleza de trabajo.

Debido a que el tiempo para acceder y el acarreo de materiales se pueden incrementar en las propuestas P1, P2 y P3 debido a la altura del andamio con respecto a la propuesta P4, también el peso de cada solución es un factor a tomar en cuenta, ya que a más pesada sea la estructura demandará más tiempo a la labor, ver figura 103.

Tabla 33: Costos por mano de obra en la instalación de estructura portante por propuesta

		METRADO	Días	CUADRILLA		RENDIMIENTO	APU	COSTO MO
COD.	DESCRIPCIÓN	m2		OP	OF	m2/día	Soles/m2	(Soles)
	Andamios							
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	780	3.00	12.00	4.00	260.00	9.92	7,736.64
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	780	3.00	6.00	2.00	260.00	4.96	3,868.32
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	780	3.00	6.00	2.00	260.00	4.96	3,868.32
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	780	3.00	3.00	2.00	260.00	2.96	2,309.52

Fuente: Elaboración propia, los rendimientos se recogieron de la obra Centro Comercial Sur

Tabla 34: Costos por mano de obra en la instalación de drywall y masillado por propuesta

		METRADO	Días	CUADRILLA		RENDIMIENTO	APU	COSTO
COD.	DESCRIPCIÓN	m2		OP	OF	m2/día	Soles/m2	(Soles)
	Andamios							
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	780	11.00	12.00	4.00	70.91	36.37	28,367.68
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	780	11.00	8.00	3.00	70.91	24.83	19,370.56
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	780	11.00	8.00	3.00	70.91	24.83	19,370.56
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	780	11.00	6.00	3.00	70.91	19.95	15,560.16

Fuente: Elaboración propia, los rendimientos se recogieron de la obra Centro Comercial Sur

Tabla 35: Costos por mano de obra en la ejecución de masillado final y acabado por propuesta

		METRADO	Días	CUADRILLA		RENDIMIENTO	APU	COSTO
COD.	DESCRIPCIÓN	m2		OP	OF	m2/día	Soles/m2	(Soles)
	Andamios							
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	780	4.00	12.00	4.00	195.00	13.23	10,315.52
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	780	4.00	4.00	2.00	195.00	4.84	3,772.16
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	780	4.00	4.00	2.00	195.00	4.84	3,772.16
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	780	4.00	4.00	2.00	195.00	4.84	3,772.16

Fuente: Elaboración propia, los rendimientos se recogieron de la obra Centro Comercial Sur

Para resumir los costos asociados a la instalación del falso cielo raso se presenta un resumen de lo analizado para las propuestas P1, P2, P3 y P4, los resultados se muestran en la tabla 36.

Tabla 36: Resumen de costos de mano de obra asociado a la instalación de falso cielo

		PORTANTE	DRYWALL	ACABADO	
ITEM	DESCRIPCIÓN	Costo (S/.)	Costo (S/.)	Costo (S/.)	Total (S/.)
	Andamios				
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	7736.64	28367.68	10315.52	36104.32
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	3868.32	19370.56	3772.16	23238.88
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	3868.32	19370.56	3772.16	23238.88
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	2309.52	15560.16	3772.16	17869.68

Fuente: Elaboración propia

4.4 Comparativo de costos por solución:

Para el desarrollo de esta etapa graficaremos los resultados obtenidos hasta el momento debido a los costos por arriendo de andamio, montaje de andamio e instalación del revestimiento o falso cielo raso. El análisis se realizará para alturas que van desde los 10.00m, 12.00m, 14.00m, 16.00m y 20.00m.

Debemos tener presente que el análisis se debe desarrollar para cada propuesta P1, P2, P3 y P4 y comparando cada una de estas propuestas en función de las 05 alturas que se estudiaron, estos gráficos nos van a mostrar el comportamiento en costos por cada solución,

Cada propuesta la vamos a identificar por colores, considerando el color celeste para la propuesta P1, color fuxia para la propuesta P2, color verde para la propuesta P3 y para nuestra de plataforma de andamio móvil se ha considerado el color rojo a modo de que se fácil ubicación durante la lectura.

Gráfico 1: *Altura Vs Arriendo por propuesta*

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2: *Altura Vs Peso por propuesta*

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3: *Altura Vs Ratio 2*

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4: Costo de montaje Vs Altura

Fuente: Elaboración Propia

Hasta el momento no hemos mostrado el comparativo de los costos asociados a la instalación del falso cielo raso debido a que estamos asumiendo que los costos serían los mismos para las diferentes alturas tomando como base la información brindada del contratista de la partida en la obra Centro comercial Sur, esta información será sumada a los costos a los costos parciales.

A continuación vamos a añadir el costo por instalación del falso cielo raso a los costos de montaje y arriendo ya estimados para cada altura y por propuesta.

Tabla 37: Resumen de costos total a H=10.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN			(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)	
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07		18.00	6911.50	3810.30	36104.32	44061.52
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28		18.00	5143.82	3151.63	23238.88	29476.81
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28		18.00	7124.88	4466.86	23238.88	31980.67
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL		18.00	5296.80	3404.41	17869.68	24452.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Resumen de costos total a H=12.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN			(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)	
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07		18.00	8799.85	10255.48	36104.32	51639.71
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28		18.00	5779.37	3668.84	23238.88	30375.34
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28		18.00	7940.88	10327.22	23238.88	38330.63
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL		18.00	5296.80	3647.58	17869.68	24695.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Resumen de costos total a H=14.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN		(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)		
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	18.00	11629.40	14325.94	36104.32		57407.89
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	18.00	7244.42	9614.95	23238.88		37200.48
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	18.00	8756.87	11820.26	23238.88		40313.26
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	18.00	5296.80	3928.16	17869.68		24975.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Resumen de costos total a H=16.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN		(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)		
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	18.00	13727.72	17783.27	36104.32		62124.22
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	18.00	8316.50	11465.28	23238.88		39694.06
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	18.00	9572.87	13423.89	23238.88		42406.49
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	18.00	5296.80	4255.51	17869.68		25303.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resumen de costos total a H=18.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN		(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)		
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	18.00	15956.84	32754.37	36104.32		78432.80
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	18.00	9433.07	13608.71	23238.88		42507.43
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	18.00	10388.86	15150.88	23238.88		44623.08
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	18.00	5296.80	4642.37	17869.68		25690.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Resumen de costos total a H=20.00m

			Días	Arriendo	Montaje	Instalación	TOTALES
ITEM	DESCRIPCIÓN		(Soles/mes)	(Soles)	(Soles)		
	Andamios						
P1	AND. MÓVIL DE 3.07 x 3.07	18.00	17982.34	38519.00	36104.32		85412.72
P2	PLATAFORMA DE 3.07 x 10.28	18.00	10583.55	15966.94	23238.88		45555.95
P3	PLATAFORMA DE 5.14 x 10.28	18.00	11204.86	17016.03	23238.88		46977.82
P4	PROPUESTA DE PLATAFORMA DE ANDAMIO MÓVIL	18.00	5296.80	5106.61	17869.68		26154.37

Fuente: Elaboración propia

Ahora que se ha conseguido tener los costos asociados a cada propuesta y en altura podemos expresar los resultados a comparar en una gráfica para que pueda leerse con facilidad.

Gráfico 5: Costo total Vs Altura

Fuente: Elaboración Propia

4.5 AHORROS:

Para ayudar a la lectura del gráfico 5, mostramos tablas en las cuales se calcula el porcentaje de ahorro que se consigue con la propuesta P4 frente a las propuestas P1, P2 y P3 para todas las alturas evaluadas.

Tabla 43: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=10.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	44061.52	24452.17	-44.5%	-28.4%
P2	29476.81		-17.0%	
P3	31980.67		-23.5%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=12.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	51639.71	24695.34	-52.2%	-35.5%

P2	30375.34		-18.7%	
P3	38330.63		-35.6%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=14.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	57407.89	24975.92	-56.5%	-42.5%
P2	37200.48		-32.9%	
P3	40313.26		-38.0%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=16.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	62124.22	25303.27	-59.3%	-45.3%
P2	39694.06		-36.3%	
P3	42406.49		-40.3%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=18.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	78432.80	25690.13	-67.2%	-49.7%
P2	42507.43		-39.6%	
P3	44623.08		-42.4%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Porcentaje de ahorro frente a la propuesta P4 para H=20.00m

Costos por Propuestas			Resultados	
-----------------------	--	--	------------	--

		P4	Ahorro (%)	Promedio de Ahorro
P1	85412.72	26154.37	-69.4%	-52.1%
P2	45555.95		-42.6%	
P3	46977.82		-44.3%	

Fuente: Elaboración propia

4.6 Limitaciones de la propuesta:

- La propuesta ha sido diseñada para una sobre carga de 200 Kg/m².
- Para facilitar el desplazamiento, la arquitectura debe contar con corredores laterales.
- La superficie de rodadura debe ser lo más lisa posible y estar libre de obstáculos.
- Las superficies de apoyo deben ser capaz de soportar una carga de 10 Ton.
- Las ruedas o garruchas deben tener una capacidad de carga estática no menor de 1500 kg.
- Para luces entre 12.00m y 15.00m la sobre carga aplicada debería disminuir 150 Kg/m².
- Para luces entre 16.00m y 18.00m la sobre carga aplicada debería disminuir a 100 Kg/m².
- Restringir el tránsito por debajo de la plataforma de andamio móvil a modo de salvaguardar a personas ajenas al trabajo.
- Apilamientos máximos hasta 10 planchas de drywall.
- Requiere de una plataforma central para el montaje.
- Se deben instalar líneas de vida independiente a la plataforma de andamio.
- Verificar las fuerzas generadas en las barras y conexiones, los valores se muestran en el numeral 2.5.3 “Comprobación estructural de la propuesta”, cualquier otra marca de andamios no deben tener valores menores a este.

- De ponerse en práctica la propuesta, las propiedades mecánicas de los elementos del andamio deben ser similares a los que se expresan en este informe. Los valores de resistencia no podrán ser menores.

4.7 Ventajas de la propuesta:

- Área de trabajo de 80m², es posible realizar dos o más actividades sobre la plataforma, ahorro en costos de instalación del revestimiento.
- Es posible almacenar las 28 planchas de drywall necesarias para la instalación en cada posición de la plataforma.
- La plataforma cubre toda el área con 8 posiciones.
- Todos los dispositivos de seguridad solo se instalan en un andamio.
- Fácil desplazamiento y guía del andamio, solo se requiere a 8 personas, estos pueden ser los mismos usuarios.
- Bajo costo de arriendo a mayores alturas.
- Montaje más rápido a mayores alturas frente a las propuestas tradicionales.

4.8 Conclusiones

- Describir el sistema de andamio multidireccional.
 - El sistema de andamio multidireccional lleva su nombre debido al método de conexión.
 - El método de conexión del andamio multidireccional es conocido como roseta o disco perforado.
 - Cada roseta permite la conexión de ocho elementos.
- Describir los componentes del andamio multidireccional.
 - El sistema de andamio está compuesto por verticales, horizontales y diagonales.
 - Los elementos verticales y horizontales del andamio permiten armar la estructura en longitud y altura, también conocido como cuerpos.
 - Las diagonales rigidizan los cuerpos de andamio.

- Explicar los requisitos legales que debe cumplir el andamio.
 - Los andamios deben contar con barandillas a 0.50m y a 1.00m en altura por cada nivel de trabajo.
 - Cada nivel de trabajo debe estar completo de plataformas.
 - Los andamios deben ser lo suficientemente estables en altura, sin peligro a volcamiento.
- Describir las soluciones típicas desarrolladas con andamios multidireccionales.
 - Los andamios de fachada son los más comunes en edificaciones.
 - Las torres de andamio permiten alcanzar zonas puntuales en altura.
 - Los andamios móviles permiten desplazar a estructura de un punto a otro.
- Analizar el empleo de andamios en la construcción de centros comerciales en la etapa de acabados.
 - Los andamios tipo fachada permiten realizar trabajos en diferentes niveles en altura.
 - Las torres de andamio permiten alcanzar zonas puntuales para el desarrollo del trabajo.
 - Los andamios móviles son los más versátiles debido a su facilidad de desplazarse el cual evita el retrabajo por armado y desarmado.
- Desarrollar la propuesta de plataforma de andamio multidireccional móvil.
 - El escenario para el empleo del andamio debe ser analizado en su totalidad, anchura, longitud y altura; para facilitar su montaje puesta en uso y desplazamiento.
 - La superficie de plataforma de andamio debe abarcar la mayor cantidad de área posible para evitar mayores desplazamientos y permitir el almacenaje y maniobras sobre este.
 - La forma y diseño de la estructura de andamio debe ser capaz de soportar las cargas de almacenaje y maniobras.

- Demostrar que la propuesta de la plataforma de andamio multidireccional móvil es más eficiente que el empleo de andamio con los métodos tradicionales en los trabajos de revestimiento en altura.
 - La propuesta de plataforma de andamio móvil resulta rentable para alturas por encima de los 10.00m o en escenarios con 02 niveles de un centro comercial, considerando una altura promedio de 5.00m por nivel.
 - Se puede conseguir un ahorro promedio de hasta el 28.4% en alturas de 10.00m y 52.1% para alturas de 20.00m.
 - La propuesta de andamio móvil muestra una ventaja frente a las soluciones convencionales debido a que presenta ahorro en costos de arriendo, montaje y tiempo por procesos de instalación y versatilidad en su uso.
 - Es posible generar apilamientos de hasta 10 planchas de Drywall encima de las plataformas.

4.9 Recomendaciones

- Describir el sistema de andamio multidireccional.
 - Analizar posibles proveedores del sistema de andamio
 - Garantizar stock suficiente para el proyecto o trabajo a realizar.
 - El sistema de andamio multidireccional debe satisfacer las maniobras de montaje y uso de la plataforma que se quiere conseguir.
- Describir los componentes del andamio multidireccional
 - Las piezas de andamio no deben presentar abolladuras y corrosión.
 - La integridad de los elementos del andamio deben garantizar el buen comportamiento mecánico de los elementos.
 - Las piezas de andamio no deberían presentar pintura, esta puede cubrir o tapar desperfectos.
- Explicar los requisitos legales que debe cumplir el andamio.

- El sistema de andamio debe contar con certificación aprobada o validada por entidades reconocidas, con trayectoria y reputación respetable.
- El sistema de andamio multidireccional debería cumplir con normativas extranjeras u/o locales.
- El uso de normativas extranjeras debe ser aplicable localmente.
- Describir las soluciones típicas desarrolladas con andamios multidireccionales
 - Los andamios móviles suelen ser los más prácticos de usar.
 - Cada solución debe contar con el mínimo de piezas posibles.
 - Los andamios tipo torre o plataforma permiten trabajos localizados,
- Analizar el empleo de andamios en la construcción de centros comerciales en la etapa de acabados.
 - Los andamios deben ser lo suficiente mente estables y contar en todo momento con sistemas de protección lateral y anti caídas.
 - Los andamios deben permitir realizar los trabajos con comodidad, la altura de estos y cercanías a las caras de trabajo deben ser las mínimas posibles para evitar que los usuarios tengan que sacar el cuerpo fuera del espacio ocupado por el andamio.
 - Para estructuras de andamio móviles, suspendidos o con volados, se debe contar con un sistema anti caídas externo e independiente a la estructura de andamio.
- Desarrollar la propuesta de plataforma de andamio multidireccional móvil.
 - Debe ubicarse y designarse una zona de montaje que permita la construcción total o parcial del andamio para luego desplazarse.
 - Debe evitarse sobre cargar el nivel de trabajo, según las limitaciones del diseño.

- La superficie de rodadura debe estar libre de obstáculos, también se debe despejar o delimitar el nivel inferior para evitar circular debajo del andamio y evitar accidentes por caída de objetos.
- Demostrar que la propuesta de la plataforma de andamio multidireccional móvil es más eficiente que el empleo de andamio con los métodos tradicionales en los trabajos de revestimiento en altura.
 - Utilizar la mayor cantidad de área posible de la plataforma a modo de aprovechar el beneficio del diseño.
 - Realizar dos actividades por cada posicionamiento del andamio
 - Una estructura atípica requiere de mano de obra calificada y de por lo menos cierta destreza en montaje de andamios multidireccionales.

5 BIBLIOGRAFÍA

CONSTRUCTIVO (2019) Revista al servicio del desarrollo y promoción de la construcción.

Lima: Edición 134

CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION (2014) Manual de andamios. Santiago de Chile: CChC

CATARI (2015) Catalogo de producto del sistema multidireccional US. España. Andamios Catari. Recuperado de <http://www.catari.net/es/downloads.html>

CALPA GÓMEZ, Andrés Leonardo (2010) Manual de análisis comparativo para la implementación y montaje de sistemas de soporte multidireccional y andamios de carga. Bucaramanga: UIS

CEN - UNE-EN 12810 (2003) Andamios de Fachada de componentes prefabricados. Madrid: AENOR

CEN - UNE-EN 12811-1 (2003) Equipamiento para trabajos temporales, Madrid: AENOR

CHOISY, Auguste (1904) El arte de construir en Egipto. Paris: Rouveyre

ETERNIT (2016) DecoDrywall. Perú. Manual técnico del Superboard. Recuperado de http://www.decodrywall-eirl.com/catalogos/manual_superboard_uno.pdf

INACAL (1984 rev.2012) Norma Técnica Peruana 400.033 ANDAMIOS, Definiciones y clasificación. Lima: INACAL.

HSIEH, Yuan Yu (1986) TEORÍA ELEMENTAL DE ESTRUCTURAS. México D.F.: Prentice hall hispanoamericana S. A.

INACAL (1985 rev.2012) Norma Técnica Peruana 400.034 ANDAMIOS, Requisitos. Lima: INACAL.

LAYHER (2018) Catalogo de producto del sistema multidireccional Allround. Perú. Andamios Layher. Recuperado de <https://layher.pe/catalogos/Allround.pdf>

LEDO OVIEDO, José María (1965) Andamio, apeos y entibaciones. 2°.edicion Barcelona: CEAC

OXFORD (1999) Ciencias de la tierra. Madrid: Complutense S.A.

PERI PERUANA (2018) Catalogo de producto del sistema multidireccional Peri up rosett flex. Perú. Andamios y Encofrados Peri. Recuperado de <http://www.peri.com.pe/info/contacto/catalogos.cfm>

PILOSIO (2018) Catalogo de producto del sistema multidireccional MP. Italia. Formwork and scaffolding. Recuperado de http://www.pilosio.com/spa/products/view/1-andamios/6-andamio_multidireccional_mp

SCAFOM RUX ESPAÑA. (2017) Manual técnico Ringscaff. Madrid: Scafom Rux España.

SCAFOM RUX (2017) Catalogo de producto del sistema multidireccional Ringscaff. España. Andamios Scafom Rux. Recuperado de http://www.scafom-rux.es/tl_files/project/pdf/product_assortments/201504_ProductAssortment_Ringscaff_INT_LR.pdf

SGB (2018) Catalogo de producto del sistema Scaffixer. Reino Unido. Formwork and scaffolding SGB. Recuperado de <http://www.sgb.co.uk/mediafiles/assetpool/1472/file/1>

ULMA (2015) Catalogo de producto del sistema multidireccional Brio. España. Grupo Ulma. Recuperado de http://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/multimedia/catalogos-y-documentacion-tecnica/catalogos-de-productos#b_start=0

VOLCAN (2016) Solución constructiva falso cielo raso. Chile. Cielo Raso. Recuperado de http://www.volcan.cl/documentos/manuales/arquitectos/Cielo_Raso.pdf

SEGOVIANO REYES, Rodrigo (2007) Selección, proyecto, supervisión y control de andamios tubulares, suspendidos y multidireccional para diversos tipos de obras de ingeniería civil (tesis de ingeniería). México D. F.: IPN.

ANEXO A: Encuesta de satisfacción 01, sobre el empleo de la plataforma de andamio móvil para el proyecto “centro comercial sur”

- Empresa que ejecuta la Obra: JE Construcciones Generales S.A.
- Contratista que adquirió el servicio: YMSA Contratistas Generales S. A. C.

Persona encuestada: Julio Quevedo Alarcón				Cargo: Residente de Obra - YMSA			
Para realizar esta actividades solicitamos algunos minutos de su tiempo en la elaboración de esta encuesta. Por favor indique con una X la calificación que considere entre Excelente, Bueno, Regular, Deficiente y Mal para los siguientes ítems:							
		Excelente	Bueno	Regular	Deficiente	Malo	N/A
Ítem	Descripción						
1	DISEÑO						
1.1	Cumplimiento de las normativas		x				
1.2	Diseño práctico	x					
1.3	Cantidad de Piezas		x				132
1.4	Área de trabajo		x				
1.5	Acceso			x			
1.6	Sobre carga		x				

- Empresa que ejecuta la Obra: JE Construcciones Generales S.A.
- Contratista que adquirió el servicio: YMSA Contratistas Generales S. A. C.

Persona encuestada: Juan Collins Fernandez				Cargo: Maestro de Obra - YMSA			
<p>Para realizar esta actividades solicitamos algunos minutos de su tiempo en la elaboración de esta encuesta. Por favor indique con una X la calificación que considere entre Excelente, Bueno, Regular, Deficiente y Mal para los siguientes ítems:</p>							
		Excelente	Bueno	Regular	Deficiente	Malo	N/A
Ítem	Descripción						
1	DISEÑO						
1.1	Cumplimiento de las normativas		x				
1.2	Diseño práctico	x					
1.3	Cantidad de Piezas			x			
1.4	Área de trabajo			x			133
1.5	Acceso			x			
1.6	Sobre carga		x				

ANEXO C: Ficha técnica de garrucha tente

Informacion de producto

4687UOP200P63

EAN 4031582308235

Rueda giratoria con freno total, trasero, Soporte de chapa de acero reforzado, muy pesada, cromatizado amarillo, rodamiento giratorio de dos hileras de bolas, con el rodamiento reforzado y protegido, cabeza giratoria remachada, eje de rueda atornillado, pletina de fijación.
Núcleo de rueda de poliamida, cojinete de bolas de precisión

Datos técnicos	
Diámetro de la rueda	200 mm
Ancho de la rueda	50 mm
Medida de pletina	137 x 105 mm
Distancia de agujeros	105 x 80/75 mm
Diámetro de agujero	11 mm
Desplazamiento	55 mm
Interferencia de giro	360 mm
Altura total	240 mm
Temperatura	- 40 / + 80 °C
Normal	EN 12532

6 GLOSARIO

Acoplamiento: Dispositivo utilizado para conectar tubos.

Anclaje: Medios insertados en, o acoplados a la estructura para amarrar un miembro de unión.

Andamio: Es una estructura provisional de madera o metal, que permite mantener plataformas horizontales y elevadas utilizadas para sostener personas, materiales y herramientas necesarias para la ejecución de trabajos en altura.

Andamio de trabajo: Construcción temporal que se precisa para proporcionar un lugar seguro de trabajo para la construcción, mantenimiento, reparación o demolición de edificios y otras estructuras y para el acceso necesario.

Andamio multidireccional: Consta de piezas galvanizadas de acero de alta resistencia que se ensamblan entre sí por medio de un conector integral tipo disco soldado en los elementos verticales del sistema en el cual se fijan las cuñas de hasta ocho elementos del andamio.

Área de trabajo: Suma de plataformas en un nivel, para proporcionar a la gente un sitio elevado y seguro para trabajar y para dar acceso a su trabajo.

Drywall: Es un sistema de construcción en seca (Drywall), es una tecnología utilizada en todo el mundo para la construcción de tabiques, cielo rasos y cerramientos, en todo tipo de proyectos de arquitectura comercial, hotelera, educacional, recreacional, industrial y de vivienda.

Nudo: Punto teórico donde dos o más elementos se conectan.

Plataforma: Una o más unidades de plataforma en un mismo nivel.

Proyecto: Concepción y cálculo para diseñar un esquema de montaje

Revestimiento: Capa de un material con que se cubre totalmente una superficie.

Roseta: Es el que le da la denominación de sistema multidireccional al andamio ya que podemos colocar piezas en ocho posibles direcciones diferentes logrando adecuar la estructura a cualquier geometría requerida.