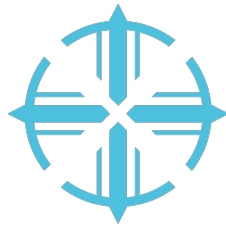


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

TEMA:

Análisis y Ponderación de los Factores que Influyen en la Duración de Actividades Clave en la Construcción de Edificios en la Zona de Cumbayá.

Caso de Estudio:

Proyectos en Ejecución durante el Año 2025 en la Zona de Cumbayá

AUTOR:

RENEE ALEJANDRO RECALDE CADENA

TUTOR:

ING. PAREDES VASQUEZ FREDI AUGUSTO

QUITO DM, 29 JUNIO DE 2025

Índice de contenido

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1. Introducción | 8 |
| 2. Planteamiento del problema | 9 |
| 3. Objetivos | 11 |
| 3.1 Objetivo General | 11 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 11 |
| 4. Justificación | 12 |
| CAPÍTULO II | 14 |
| MARCO TEÓRICO | 14 |
| 5. Marco teórico | 14 |
| 5.1 Gestión del tiempo y eficiencia en la construcción de edificaciones urbanas | 14 |
| 5.1.1 Importancia de la gestión del tiempo en proyectos constructivos | 14 |
| 5.1.2 Etapas y actividades clave en obras tipo edificio | 15 |
| 5.1.3 Tendencias de eficiencia y productividad en la construcción | 16 |
| 5.2 Factores críticos en la duración de actividades clave: clasificación, impacto y jerarquización | 17 |
| 5.2.1 Clasificación de factores que afectan los tiempos de ejecución | 17 |
| 5.2.2 Estudios recientes sobre causas de retraso en contextos urbanos | 18 |
| 5.2.3 Actividades críticas y su sensibilidad al entorno operativo | 19 |
| 5.3 Aplicación del análisis de Pareto en la ingeniería civil como herramienta de priorización | 20 |
| 5.3.1 Fundamentos del análisis de Pareto y su aplicabilidad en proyectos | 20 |
| 5.3.2 Aplicaciones recientes del análisis de Pareto en el sector construcción | 21 |
| 5.3.3 Ventajas del análisis de Pareto frente a enfoques tradicionales | 22 |
| CAPÍTULO III | 23 |
| METODOLOGÍA | 23 |
| 6. Metodología | 23 |
| 6.1 Tipo de Investigación | 23 |
| 6.2 Fuentes de Información | 23 |
| 6.2 Técnicas e Instrumentos | 24 |

| | | |
|------|--|------------|
| 6.3 | Aplicación del Método de Pareto..... | 25 |
| | CAPÍTULO IV | 26 |
| | ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS..... | 26 |
| 7. | Análisis de datos y resultados | 26 |
| 7.1 | Conclusión cuantitativa general de los resultados del cuestionario | 81 |
| 7.2 | Análisis de Pareto – Actividad: Vaciado | 83 |
| 7.3 | Análisis de Pareto – Actividad: Armado..... | 85 |
| 7.4 | Análisis de Pareto – Actividad: Curado..... | 86 |
| 7.5 | Análisis de Pareto – Actividad: Encofrado..... | 87 |
| 7.6 | Análisis de Pareto – Actividad: Desencofrado..... | 89 |
| 7.7 | Análisis de Pareto – Actividad: Montaje de columnas | 90 |
| 7.8 | Análisis de Pareto – Actividad: Fijación y ajuste de pernos | 92 |
| 7.9 | Análisis de Pareto – Actividad: Montaje de vigas principales y secundarias.... | 93 |
| 7.10 | Análisis de Pareto – Actividad: Soldadura | 94 |
| 7.11 | Análisis de Pareto – Actividad: Alineamiento y nivelación estructural..... | 95 |
| | CAPÍTULO V..... | 97 |
| | DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTAS..... | 97 |
| 8. | Discusión de resultados y propuestas | 97 |
| | CAPÍTULO VI | 100 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 100 |
| 9. | Conclusiones | 100 |
| 10. | Recomendaciones | 101 |
| 11. | Bibliografía | 103 |
| 12. | Anexos | 108 |

Índice de ilustraciones

| | | |
|----------------|-------------------------------|----|
| Ilustración 1: | Ponderación por colores | 26 |
| Ilustración 2: | Cargo del encuestado..... | 26 |
| Ilustración 3: | Pregunta 1 | 27 |
| Ilustración 4: | Pregunta 2 | 27 |
| Ilustración 5: | Pregunta 3 | 28 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| Ilustración 6. Pregunta 4 | 28 |
| Ilustración 7. Pregunta 5 | 29 |
| Ilustración 8. Pregunta 6 | 29 |
| Ilustración 9. Pregunta 7 | 30 |
| Ilustración 10. Pregunta 8 | 30 |
| Ilustración 11. Pregunta 9 | 31 |
| Ilustración 12. Pregunta 10 | 31 |
| Ilustración 13. Pregunta 1 | 32 |
| Ilustración 14. Pregunta 2 | 32 |
| Ilustración 15. Pregunta 3 | 33 |
| Ilustración 16. Pregunta 4 | 33 |
| Ilustración 17. Pregunta 5 | 34 |
| Ilustración 18. Pregunta 6 | 34 |
| Ilustración 19. Pregunta 7 | 35 |
| Ilustración 20. Pregunta 8 | 35 |
| Ilustración 21. Pregunta 9 | 36 |
| Ilustración 22. Pregunta 10 | 36 |
| Ilustración 23. Pregunta 1 | 37 |
| Ilustración 24. Pregunta 2 | 37 |
| Ilustración 25. Pregunta 3 | 38 |
| Ilustración 26. Pregunta 4 | 38 |
| Ilustración 27. Pregunta 5 | 39 |
| Ilustración 28. Pregunta 6 | 39 |
| Ilustración 29. Pregunta 7 | 40 |
| Ilustración 30. Pregunta 8 | 40 |
| Ilustración 31. Pregunta 9 | 41 |
| Ilustración 32. Pregunta 10 | 41 |
| Ilustración 33. Pregunta 1 | 42 |
| Ilustración 34. Pregunta 2 | 42 |
| Ilustración 35. Pregunta 3 | 43 |
| Ilustración 36. Pregunta 4 | 43 |
| Ilustración 37. Pregunta 5 | 44 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| Ilustración 38. Pregunta 6 | 44 |
| Ilustración 39. Pregunta 7 | 45 |
| Ilustración 40. Pregunta 8 | 45 |
| Ilustración 41. Pregunta 9 | 46 |
| Ilustración 42. Pregunta 10 | 46 |
| Ilustración 43. Pregunta 1 | 47 |
| Ilustración 44. Pregunta 2 | 47 |
| Ilustración 45. Pregunta 3 | 48 |
| Ilustración 46. Pregunta 4 | 48 |
| Ilustración 47. Pregunta 5 | 49 |
| Ilustración 48. Pregunta 6 | 49 |
| Ilustración 49. Pregunta 7 | 50 |
| Ilustración 50. Pregunta 8 | 50 |
| Ilustración 51. Pregunta 9 | 51 |
| Ilustración 52. Pregunta 10 | 51 |
| Ilustración 53. Pregunta 11 | 52 |
| Ilustración 54. Pregunta 12 | 52 |
| Ilustración 55. Pregunta 13 | 53 |
| Ilustración 56. Pregunta 14 | 53 |
| Ilustración 57. Pregunta 15 | 54 |
| Ilustración 58. Pregunta 16 | 54 |
| Ilustración 59. Pregunta 17 | 55 |
| Ilustración 60. Pregunta 18 | 55 |
| Ilustración 61. Pregunta 19 | 56 |
| Ilustración 62. Pregunta 20 | 56 |
| Ilustración 63. Pregunta 1 | 57 |
| Ilustración 64. Pregunta 2 | 57 |
| Ilustración 65. Pregunta 3 | 58 |
| Ilustración 66. Pregunta 4 | 58 |
| Ilustración 67. Pregunta 5 | 59 |
| Ilustración 68. Pregunta 6 | 59 |
| Ilustración 69. Pregunta 7 | 60 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| Ilustración 70. Pregunta 8 | 60 |
| Ilustración 71. Pregunta 9 | 61 |
| Ilustración 72. Pregunta 10 | 61 |
| Ilustración 73. Pregunta 1 | 62 |
| Ilustración 74. Pregunta 2 | 62 |
| Ilustración 75. Pregunta 3 | 63 |
| Ilustración 76. Pregunta 4 | 63 |
| Ilustración 77. Pregunta 5 | 64 |
| Ilustración 78. Pregunta 6 | 64 |
| Ilustración 79. Pregunta 7 | 65 |
| Ilustración 80. Pregunta 8 | 65 |
| Ilustración 81. Pregunta 9 | 66 |
| Ilustración 82. Pregunta 10 | 66 |
| Ilustración 83. Pregunta 11 | 67 |
| Ilustración 84. Pregunta 12 | 67 |
| Ilustración 85. Pregunta 13 | 68 |
| Ilustración 86. Pregunta 14 | 68 |
| Ilustración 87. Pregunta 15 | 69 |
| Ilustración 88. Pregunta 16 | 69 |
| Ilustración 89. Pregunta 17 | 70 |
| Ilustración 90. Pregunta 18 | 70 |
| Ilustración 91. Pregunta 19 | 71 |
| Ilustración 92. Pregunta 20 | 71 |
| Ilustración 93. Pregunta 1 | 72 |
| Ilustración 94. Pregunta 2 | 72 |
| Ilustración 95. Pregunta 3 | 73 |
| Ilustración 96. Pregunta 4 | 73 |
| Ilustración 97. Pregunta 5 | 74 |
| Ilustración 98. Pregunta 6 | 74 |
| Ilustración 99. Pregunta 7 | 75 |
| Ilustración 100. Pregunta 8 | 75 |
| Ilustración 101. Pregunta 9 | 76 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 102. Pregunta 10 | 76 |
| Ilustración 103. Pregunta 1 | 77 |
| Ilustración 104. Pregunta 2 | 77 |
| Ilustración 105. Pregunta 3 | 78 |
| Ilustración 106. Pregunta 4 | 78 |
| Ilustración 107. Pregunta 5 | 79 |
| Ilustración 108. Pregunta 6 | 79 |
| Ilustración 109. Pregunta 7 | 80 |
| Ilustración 110. Pregunta 8 | 80 |
| Ilustración 111. Pregunta 9..... | 81 |
| Ilustración 112. Pregunta 10 | 81 |
| Ilustración 113. Análisis de Pareto - Actividad: Vaciado | 84 |
| Ilustración 114. Análisis de Pareto - Actividad: Armado..... | 86 |
| Ilustración 115. Análisis de Pareto - Actividad: Curado..... | 87 |
| Ilustración 116. Análisis de Pareto - Actividad: Encofrado | 89 |
| Ilustración 117. Análisis de Pareto - Actividad: Desencofrado..... | 90 |
| Ilustración 118. Análisis de Pareto - Actividad: Montaje de columnas | 92 |
| Ilustración 119. Análisis de Pareto - Actividad: Fijación y ajuste de pernos..... | 93 |
| Ilustración 120. Análisis de Pareto - Actividad: Montaje de vigas principales y secundarias..... | 94 |
| Ilustración 121. Análisis de Pareto - Actividad: Soldadura | 95 |
| Ilustración 122. Análisis de Pareto - Actividad: Alineamiento y nivelación estructural | 97 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El sector de la construcción constituye una de las principales actividades económicas a nivel global, aportando aproximadamente el 13% del Producto Interno Bruto mundial y generando más de 273 millones de empleos directos e indirectos según datos del World Economic Forum (2022). No obstante, la industria enfrenta serios desafíos estructurales en cuanto a eficiencia, ya que más del 70% de los proyectos no se entregan en el plazo ni presupuesto previstos, y se estima que la productividad del sector ha crecido apenas un 1% anual en los últimos 20 años, muy por debajo del promedio de la economía global (McKinsey & Company, 2017; KPMG, 2020). Esta baja eficiencia se traduce en sobrecostos que pueden superar el 25% del valor contractual inicial, lo que convierte a la gestión del tiempo en un eje crítico para la sostenibilidad y competitividad del sector. En América Latina, la construcción representa entre el 6% y el 9% del PIB regional y emplea a más de 30 millones de personas, pero las obras enfrentan frecuentemente atrasos considerables debido a factores como informalidad laboral, baja tecnificación y marcos regulatorios inestables (CEPAL, 2022; BID, 2021). Según el Banco Mundial (2023), 3 de cada 4 proyectos de infraestructura en la región registran retrasos mayores a tres meses, y en países como Colombia, México y Perú, las desviaciones superan el 30% respecto al cronograma inicial. Estos problemas impactan negativamente no solo en la productividad del sector, sino también en la ejecución presupuestaria pública y en la calidad de vida urbana, donde la infraestructura inconclusa agrava el déficit habitacional y la congestión.

En el caso de Ecuador, el sector de la construcción aportó el 7,6% del PIB nacional en 2022, con una inversión aproximada de USD 7.500 millones en obras públicas y privadas, y generó más de 550.000 empleos directos, lo que lo posiciona como un motor relevante para la economía nacional (INEC, 2023; Banco Central del Ecuador, 2023). Sin embargo, se estima que el 58% de los proyectos presentan retrasos superiores a 90 días, afectando su rentabilidad y continuidad (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022). Estos atrasos se relacionan principalmente con deficiencias en la planificación, cambios de alcance durante la ejecución, problemas de abastecimiento y lentitud en trámites municipales. Además, informes de la Cámara de la Construcción de Quito (2023) indican que los sobrecostos derivados de los retrasos pueden

alcanzar hasta un 18% adicional al presupuesto original, afectando a empresas grandes, medianas y pequeñas del rubro.

A nivel urbano, Quito ha experimentado un crecimiento acelerado, especialmente en zonas periféricas como Cumbayá, que han absorbido gran parte del dinamismo inmobiliario de la capital. Entre 2001 y 2022, la población de Cumbayá creció en más del 73%, pasando de 21.000 a más de 36.500 habitantes, con una marcada expansión de proyectos residenciales y comerciales verticales (Municipio de Quito, 2022; INEC, 2023). Esta presión urbanística ha generado una creciente demanda de edificaciones tipo edificio, lo que ha incrementado la complejidad en la ejecución de obras. Según el Plan de Ordenamiento Territorial de Cumbayá (PDOT, 2023), al menos el 35% de las construcciones iniciadas en el sector entre 2020 y 2022 no cumplió con los cronogramas establecidos, debido a condiciones del terreno, congestión vial, escasez de mano de obra calificada y cambios normativos en la gestión del suelo urbano. En este contexto, la necesidad de optimizar la gestión del tiempo se vuelve urgente para garantizar la eficiencia constructiva y la sostenibilidad de los desarrollos en zonas urbanas de alta densidad.

2. Planteamiento del problema

A escala global, la industria de la construcción representa uno de los pilares económicos más relevantes, al aportar aproximadamente el 13% del PIB mundial y emplear a millones de personas en los cinco continentes (Statista, 2023). Sin embargo, este peso económico contrasta con su bajo desempeño en términos de eficiencia: mientras otras industrias han logrado incrementos sustanciales en productividad, el sector constructivo apenas ha crecido un 1% anual en las últimas dos décadas (McKinsey & Company, 2017). Esta ineficiencia se refleja especialmente en la incapacidad de cumplir los cronogramas establecidos, ya que más del 70% de los proyectos a nivel mundial sufren retrasos significativos (World Economic Forum, 2021). Tales desviaciones suelen derivarse de una combinación de factores, como la fragmentación en la gestión, interrupciones logísticas, decisiones tardías y condiciones climáticas adversas (PwC, 2022), todos los cuales afectan directamente la duración y los costos de ejecución de las obras.

En América Latina, estos desafíos se ven agravados por condiciones estructurales propias de la región. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2022), tres de cada cuatro proyectos de infraestructura superan los plazos contractuales, generando pérdidas económicas, conflictos legales y pérdida de confianza institucional. A ello se suman problemas como la débil capacidad de fiscalización, la inestabilidad normativa y la escasa tecnificación de los procesos constructivos

(CEPAL, 2021). Por ejemplo, en ciudades intermedias y áreas metropolitanas de rápido crecimiento, los retrasos pueden prolongarse entre un 20% y 30% por encima del tiempo proyectado, afectando no solo la obra individual sino la planificación urbana integral (CAF, 2023). En este contexto, la necesidad de herramientas que permitan identificar y priorizar con rigurosidad los factores que más inciden en estos retrasos se vuelve cada vez más urgente.

En el caso ecuatoriano, el sector de la construcción tiene un rol estratégico al representar el 7,6% del PIB nacional y sostener alrededor de 550.000 empleos directos (INEC, 2023). No obstante, la ejecución de proyectos se ve con frecuencia afectada por retrasos importantes. Informes del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2022) señalan que al menos el 60% de las obras urbanas en el país presentan desviaciones de cronograma, muchas veces asociadas a demoras en los permisos municipales, escasez de materiales y rotación del personal calificado. Estas fallas no son solo técnicas o logísticas, sino también administrativas y contractuales. La Cámara de la Construcción de Quito (2023) estima que los sobrecostos derivados de estos retrasos pueden alcanzar hasta un 18% del presupuesto total de una obra, comprometiendo su viabilidad financiera y reputación frente a los inversionistas y clientes.

En este panorama nacional, la parroquia de Cumbayá destaca como un nodo urbano de alto dinamismo inmobiliario. Su población ha experimentado un crecimiento superior al 70% en las últimas dos décadas, consolidándose como una de las zonas con mayor expansión residencial y comercial del Distrito Metropolitano de Quito (Municipio de Quito, 2022). Esta acelerada urbanización ha detonado una fuerte demanda de edificaciones verticales, lo que, a su vez, ha intensificado los desafíos técnicos y logísticos del sector constructivo local. De hecho, según el Plan de Ordenamiento Territorial de Cumbayá (2023), más del 35% de las obras ejecutadas entre 2020 y 2022 no cumplieron sus cronogramas originales, debido a factores como congestión vehicular, cambios normativos, complejidades del terreno y limitaciones en la disponibilidad de mano de obra. Todo ello configura un entorno donde el cumplimiento de los tiempos de obra se vuelve cada vez más incierto y crítico.

Frente a esta realidad, muchos profesionales de la construcción confían en su experiencia práctica para anticipar y mitigar desviaciones. Sin embargo, esta aproximación empírica, aunque útil en ciertos contextos, resulta insuficiente para tomar decisiones estratégicas basadas en datos verificables. Como afirman López y Jaramillo (2021), la ausencia de herramientas estructuradas

impide establecer con claridad cuáles son los factores que deben ser atendidos con prioridad. De igual forma, Cely et al. (2022) sostienen que las respuestas reactivas predominan cuando no se cuenta con un sistema formal de análisis, lo cual redundaría en una gestión menos eficiente. Así, la falta de una metodología que permita jerarquizar con criterios técnicos los elementos que afectan los plazos de las actividades clave limita la capacidad de mejorar la planificación y ejecución en proyectos complejos.

En este marco, el análisis de Pareto emerge como una alternativa metodológica altamente pertinente. Esta técnica permite identificar aquellos pocos factores que causan la mayoría de los efectos, bajo el principio del 80/20, ampliamente validado en entornos industriales y de servicios (Juran & Godfrey, 1999). Su aplicación en la construcción ha demostrado ser útil para focalizar los esfuerzos de mejora en las áreas de mayor impacto (González & Acosta, 2021). En el caso específico de Cumbayá, el uso de esta herramienta permitiría jerarquizar de forma objetiva los factores que más influyen en la duración de las actividades críticas, dotando a los gestores de obra de una base analítica para priorizar recursos, ajustar cronogramas y reducir riesgos operativos. Como sostienen Salgado y Loor (2023), la incorporación de métodos cuantitativos como el análisis de Pareto puede ser clave para transitar de una gestión intuitiva a una planificación estratégica sustentada en evidencia.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Determinar, mediante el análisis de Pareto, los factores que inciden con mayor relevancia en la duración de las actividades clave en la construcción de edificaciones en la zona de Cumbayá durante el año 2025.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las actividades constructivas que presentan mayor influencia en la duración total de obras tipo edificio.
- Detectar los factores recurrentes que provocan desviaciones en los tiempos de ejecución de dichas actividades clave.
- Recopilar información técnica y empírica proveniente de proyectos constructivos desarrollados en Cumbayá durante el periodo de estudio.

- Aplicar el análisis de Pareto para jerarquizar los factores con mayor impacto en la duración de las actividades seleccionadas.

4. Justificación

El cumplimiento de cronogramas en proyectos de construcción constituye un factor crítico para la eficiencia técnica, económica y contractual de cualquier obra civil. En un contexto donde los márgenes de rentabilidad se estrechan y la presión sobre los tiempos de entrega es creciente, contar con herramientas analíticas que permitan identificar con precisión los factores que más inciden en los retrasos se vuelve indispensable. Según KPMG (2020), el 60% de los proyectos de construcción a nivel global experimentan sobrecostos directamente relacionados con desviaciones de plazo, lo cual no solo afecta la rentabilidad del proyecto, sino también la reputación de las empresas constructoras y su capacidad de asumir nuevos contratos.

La presente investigación aporta al cuerpo de conocimiento técnico mediante la aplicación del análisis de Pareto, una metodología reconocida por su capacidad de jerarquizar factores según su nivel de incidencia en un fenómeno dado (Juran & Godfrey, 1999). Su incorporación en el ámbito constructivo permite superar las limitaciones de la gestión empírica, al facilitar la identificación objetiva de las causas principales de los retrasos en actividades clave del proceso constructivo. Como señalan González y Acosta (2021), el uso del principio 80/20 en la ingeniería de proyectos mejora la asignación de recursos y promueve una toma de decisiones más estratégica. En este caso particular, se aplicará sobre edificaciones en Cumbayá, una zona de alta densidad urbana donde los desafíos logísticos y normativos tienden a amplificar las dificultades operativas.

El valor práctico de este estudio radica en su potencial para fortalecer la planificación y ejecución de obras civiles en entornos urbanos complejos, aportando criterios técnicos que faciliten la toma de decisiones por parte de ingenieros residentes, planificadores y jefes de obra. Al ofrecer una jerarquización cuantitativa de los factores que más afectan los plazos, los resultados podrán utilizarse como una herramienta de prevención para disminuir los riesgos de incumplimiento. Investigaciones recientes, como la de Bahamid et al. (2022), evidencian que el análisis cuantitativo de factores críticos mejora la precisión en la estimación de tiempos y reduce en un 15% la probabilidad de desviaciones en cronogramas, particularmente en obras de mediana escala. Asimismo, Hu et al. (2021) destacan que el uso de métodos analíticos en la programación de obras

permite anticipar conflictos operativos y optimizar la secuencia de ejecución, generando un impacto positivo en la eficiencia global del proyecto.

Desde el punto de vista académico, la investigación contribuye a cerrar una brecha metodológica en el estudio del tiempo como variable crítica en la construcción, particularmente en el contexto ecuatoriano. A pesar de que existen múltiples diagnósticos generales sobre problemas constructivos, pocos estudios han profundizado en el análisis cuantitativo y jerárquico de los factores que afectan específicamente las actividades clave en proyectos urbanos. Tal como indican Prasad et al. (2021), la falta de enfoques localizados en la gestión del tiempo limita la efectividad de las medidas correctivas, especialmente en zonas con alta densidad y normativas complejas. Esta tesis, al centrarse en la zona de Cumbayá, aporta un enfoque situado que puede ser replicable en otras zonas urbanas con características similares.

Además, los resultados podrán servir como insumo técnico para entidades municipales, consultores externos y desarrolladores inmobiliarios que requieren herramientas prácticas para mejorar sus estrategias de control de tiempos. Según Elattar (2021), la gestión proactiva del cronograma basada en datos priorizados permite anticipar cuellos de botella y ajustar los flujos de trabajo antes de que se conviertan en problemas estructurales. En este sentido, el estudio propone una alternativa aplicable y replicable que combina rigor analítico con utilidad operativa, alineándose con los principios de eficiencia y sostenibilidad promovidos por estándares internacionales como el PMI (Project Management Institute, 2021).

Finalmente, la investigación tiene también un aporte prospectivo, ya que sus hallazgos podrán orientar futuras mejoras en los procesos de planificación y control de obras civiles, tanto en la fase de preconstrucción como en la ejecución. Tal como señalan Salgado y Loor (2023), la implementación de metodologías basadas en evidencia permite una mejor comunicación entre los actores del proyecto, mayor capacidad de respuesta ante contingencias y una reducción general del ciclo de obra. En suma, esta tesis no solo aborda un problema técnico de alta relevancia para la ingeniería civil, sino que propone una solución metodológica concreta, validada internacionalmente, y adaptada al contexto ecuatoriano, con el potencial de mejorar significativamente la calidad de la gestión de tiempo en obras urbanas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

5. Marco teórico

5.1 Gestión del tiempo y eficiencia en la construcción de edificaciones urbanas

5.1.1 Importancia de la gestión del tiempo en proyectos constructivos

La gestión del tiempo constituye una de las áreas más críticas dentro de la administración de proyectos de construcción, ya que impacta directamente en la productividad, el control de costos y el cumplimiento contractual. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), el tiempo es uno de los tres pilares de la triple restricción —junto con el costo y el alcance— y su descontrol compromete la viabilidad técnica y financiera de cualquier obra. En este sentido, la adecuada planificación, programación y control del cronograma se vuelve indispensable para alcanzar los objetivos establecidos. Estudios globales revelan que más del 70% de los proyectos constructivos experimentan desviaciones significativas respecto a los plazos originalmente proyectados (World Economic Forum, 2022).

Los efectos de los retrasos en la construcción no son solamente económicos, sino también operacionales y reputacionales. McKinsey & Company (2017) señala que los sobretiempos en obra generan incrementos de costos que pueden superar el 20% del presupuesto inicial y retrasos de hasta el 80% respecto al cronograma original. Esto no solo compromete la rentabilidad de los proyectos, sino que también afecta la satisfacción del cliente y la imagen de la empresa constructora ante desarrolladores, instituciones y usuarios finales. De allí que la gestión del tiempo sea considerada una función esencial para garantizar la eficiencia en la ejecución de obras civiles, especialmente en entornos urbanos de alta complejidad.

En el caso específico de la construcción de edificaciones urbanas, la gestión del tiempo enfrenta mayores desafíos debido a condiciones logísticas, normativas y socioeconómicas particulares. La concentración de obras en espacios limitados, las restricciones de movilidad y las exigencias regulatorias imponen una necesidad aún mayor de planificación rigurosa y seguimiento sistemático. Según el estudio de PwC (2022), los proyectos ubicados en zonas metropolitanas tienen un 35% más de probabilidades de enfrentar desviaciones de plazo que aquellos ubicados en zonas rurales o periurbanas. Esto se debe a la interacción simultánea de múltiples actores, la

interferencia de servicios públicos, y la variabilidad en la disponibilidad de mano de obra calificada.

Por tanto, la gestión del tiempo en este tipo de obras no puede reducirse a un simple control de cronogramas, sino que debe entenderse como un proceso integral que abarca desde la concepción del proyecto hasta su cierre. La guía PMBOK (PMI, 2021) propone siete procesos claves para la gestión del tiempo, entre ellos la definición de actividades, la estimación de la duración, la secuenciación lógica, la elaboración del cronograma y su control. Aplicar estos procesos de forma rigurosa permite anticipar riesgos, optimizar recursos y tomar decisiones fundamentadas durante toda la ejecución de la obra. Este enfoque adquiere especial relevancia en zonas de crecimiento acelerado como Cumbayá, donde la dinámica urbana impone una presión constante sobre los plazos de entrega.

5.1.2 Etapas y actividades clave en obras tipo edificio

Las edificaciones urbanas, particularmente las de tipo multifamiliar y comercial, se caracterizan por un conjunto de fases constructivas que, si bien pueden variar según el sistema estructural, comparten una lógica técnica secuencial. Las etapas más representativas incluyen la planificación preliminar, la excavación y cimentación, la estructura, las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, los acabados y, finalmente, la entrega y cierre del proyecto. Cada una de estas etapas conlleva actividades críticas que impactan directamente en el cronograma general, y cuya alteración puede generar efectos acumulativos en la programación general (Choudhury et al., 2020).

Entre las actividades clave con mayor incidencia en la duración total del proyecto destacan: la fundición de losas, la instalación de redes internas, el revestimiento de fachadas, la colocación de acabados finos y la coordinación de inspecciones técnicas. Estudios de Hu et al. (2021) han demostrado que retrasos en estas actividades suelen tener un efecto dominó, debido a su interdependencia con fases posteriores y a la necesidad de aprobaciones secuenciales. En el caso de estructuras de hormigón armado, por ejemplo, una demora en la fundición de una planta puede frenar toda la cadena de abastecimiento de materiales y mano de obra para el siguiente nivel.

Asimismo, se debe considerar que el peso relativo de cada actividad puede variar en función de las características del proyecto, el contexto urbano y el sistema constructivo adoptado. Por ejemplo, en zonas densamente pobladas como Cumbayá, la logística de transporte de materiales, el montaje de estructuras prefabricadas o la ejecución de conexiones con redes externas pueden

volverse actividades críticas por las restricciones de espacio, ruido y movilidad (Bahamid et al., 2022). Por tanto, la identificación y priorización de estas actividades clave debe basarse en evidencia empírica contextualizada, no solo en estándares generales.

El conocimiento detallado de las actividades más influyentes en el cronograma permite no solo prever desviaciones, sino también diseñar estrategias específicas de mitigación. La metodología del “fast tracking” o ejecución paralela, por ejemplo, puede aplicarse en ciertas actividades no lineales si se cuenta con una programación sólida. De igual forma, el uso de herramientas como el Critical Path Method (CPM) o el análisis de holguras proporciona al ingeniero residente una visión más precisa sobre cuáles actividades demandan mayor atención y recursos (Elattar, 2021). En ese sentido, el presente estudio busca aportar evidencia para priorizar dichas actividades en contextos reales.

5.1.3 Tendencias de eficiencia y productividad en la construcción

A pesar de los avances tecnológicos, el sector de la construcción continúa siendo uno de los menos eficientes a escala global. De acuerdo con un informe de Deloitte (2023), la productividad en la construcción ha crecido solo un 1,3% anual en los últimos 20 años, frente al 3,6% de otras industrias como la manufactura. Esta brecha se explica por múltiples factores, entre ellos la baja digitalización, la fragmentación de actores, la falta de estandarización de procesos y una limitada adopción de metodologías de mejora continua. Esta ineficiencia estructural representa una pérdida estimada de USD 1,6 billones anuales a nivel global (McKinsey & Company, 2017).

En Latinoamérica, esta problemática se ve agravada por condiciones institucionales, técnicas y sociales. Según el Banco Mundial (2023), el 75% de las obras de infraestructura en la región presentan retrasos y el 45% sobrecostos superiores al 25% del presupuesto inicial. Estas cifras reflejan una baja capacidad de planificación, una gestión ineficiente de riesgos y una débil cultura de control en campo. En Ecuador, estudios de la Cámara de la Construcción de Quito (2023) estiman que los retrasos en obras urbanas generan pérdidas promedio del 15% del valor contractual, especialmente en proyectos multifamiliares verticales.

No obstante, diversas iniciativas están emergiendo para revertir esta tendencia mediante la incorporación de tecnologías de seguimiento, metodologías Lean Construction y herramientas de análisis predictivo. El uso de Building Information Modeling (BIM) y plataformas de gestión en tiempo real ha demostrado reducir en un 20% los tiempos de ejecución en obras piloto en Brasil y

Chile (CAF, 2022). Estas experiencias evidencian que la eficiencia en la construcción no solo depende de recursos, sino de la capacidad para planificar estratégicamente, anticipar desviaciones y priorizar decisiones en función de datos.

En este contexto, resulta indispensable que las constructoras, ingenieros y planificadores incorporen mecanismos de control que vayan más allá del seguimiento empírico o intuitivo. La utilización de metodologías analíticas, como el análisis de Pareto, puede complementar las soluciones tecnológicas al identificar objetivamente cuáles son los factores y actividades que generan mayor impacto negativo en la productividad temporal. Esta integración de técnica, análisis y contexto es la base para una ingeniería civil más eficiente, confiable y orientada a resultados medibles.

5.2 Factores críticos en la duración de actividades clave: clasificación, impacto y jerarquización

5.2.1 Clasificación de factores que afectan los tiempos de ejecución

Los retrasos en la ejecución de proyectos constructivos pueden originarse en una amplia variedad de factores, cuya clasificación permite una mejor comprensión del problema y una respuesta más efectiva. Según la tipología más aceptada en la literatura reciente, estos factores se agrupan en cinco grandes categorías: técnicos, financieros, contractuales, organizacionales y externos (Hussain et al., 2023). Esta clasificación permite establecer relaciones causales y facilita el diseño de estrategias específicas para mitigar el impacto de cada grupo sobre el cronograma general de obra.

Los factores técnicos se relacionan directamente con la complejidad del diseño, la calidad de los planos, los errores de especificación y la selección de tecnologías constructivas. Investigaciones como la de Wahab et al. (2022) destacan que las imprecisiones en los planos y la baja compatibilidad entre los sistemas constructivos son responsables de hasta un 18% de los retrasos registrados en obras residenciales urbanas en países en desarrollo. En contraste, los factores organizacionales incluyen la planificación inadecuada, la falta de coordinación entre contratistas y subcontratistas, y la debilidad en el seguimiento del cronograma, los cuales representan hasta un 25% del total de causas identificadas (Mohanraj & Ramachandran, 2021).

Los factores contractuales y financieros, por su parte, tienen un efecto transversal en las distintas etapas del proyecto. Retrasos en los pagos, problemas en la disponibilidad de fondos o desacuerdos

entre las partes pueden generar interrupciones críticas en la ejecución (Abubakar et al., 2022). Finalmente, los factores externos —como condiciones climáticas adversas, conflictos laborales, restricciones normativas o problemas logísticos— son más difíciles de controlar, pero no menos importantes, pues según Ezeokoli et al. (2023), pueden ocasionar hasta un 20% de las desviaciones de tiempo en contextos urbanos con alta densidad.

Una clasificación rigurosa de estos factores no solo contribuye al entendimiento teórico del fenómeno del retraso, sino que es también indispensable para su análisis empírico y cuantitativo. Identificar a cuál categoría pertenece cada causa permite priorizar acciones correctivas según el nivel de control que se tenga sobre ellas, alineando así la estrategia de gestión del tiempo con la realidad operativa de cada proyecto.

5.2.2 Estudios recientes sobre causas de retraso en contextos urbanos

En los últimos años, diversos estudios empíricos han puesto énfasis en la necesidad de analizar las causas de retraso de forma situada, es decir, considerando las características específicas del entorno urbano en el que se ejecutan los proyectos. Un ejemplo claro de ello es el trabajo de Memon et al. (2021), que encontró que, en ciudades con crecimiento acelerado, como Kuala Lumpur y Ciudad de México, los principales factores de retraso están asociados a la congestión vial, el acceso limitado a maquinaria pesada y los prolongados tiempos de aprobación municipal. Este hallazgo confirma que los factores críticos no son universales, sino que dependen de las condiciones de implantación del proyecto.

En ciudades latinoamericanas, los problemas de informalidad laboral, cambios en la normativa urbanística y disponibilidad irregular de materiales han sido identificados como elementos recurrentes. Un estudio de García-Hernández et al. (2022) sobre obras en Bogotá y Lima reveló que el 46% de los retrasos provienen de demoras en trámites con gobiernos locales y de inconsistencias en la interpretación de las normativas técnicas. De forma similar, Romero-León et al. (2023) identificaron que, en zonas con urbanización no planificada, los retrasos por conflictos con comunidades vecinas o falta de accesos logísticos llegan a representar hasta el 30% de las horas perdidas en obra.

Además, el entorno urbano impone restricciones adicionales como ruidos máximos permitidos, horarios limitados para transporte de materiales, y presencia de infraestructura preexistente que complica la ejecución de ciertas actividades clave. Según Khalaf et al. (2021), en zonas urbanas

densas estos factores afectan principalmente actividades como la fundición de losas, el montaje estructural y la instalación de sistemas eléctricos, lo que genera una necesidad crítica de adaptar el cronograma a restricciones externas. Por ello, los modelos predictivos de programación deben incorporar variables territoriales y administrativas que permitan simular mejor las condiciones reales de ejecución.

Estos estudios refuerzan la necesidad de realizar análisis situados para cada proyecto, particularmente en ciudades como Cumbayá, donde la expansión urbana, las condiciones topográficas y las normativas municipales presentan un alto nivel de variabilidad. Incorporar estos elementos en el análisis de factores críticos es fundamental para generar resultados con verdadero valor operativo y aplicabilidad local.

5.2.3 Actividades críticas y su sensibilidad al entorno operativo

No todas las actividades constructivas afectan por igual al cumplimiento del cronograma. Algunas de ellas, conocidas como actividades críticas, tienen una mayor sensibilidad a interferencias y desviaciones, por lo que su retraso impacta directamente en la duración total del proyecto. De acuerdo con Ifikhar et al. (2021), estas actividades suelen localizarse en las fases estructurales e instalaciones técnicas, debido a su dependencia secuencial y a su demanda de precisión técnica. La fundición de losas, el armado de columnas, el tendido de redes eléctricas y la instalación de acabados húmedos son algunos de los procesos más afectados por interrupciones logísticas o errores de planificación.

La sensibilidad de estas actividades también está influida por la modalidad de contratación y por el grado de fragmentación del proyecto. Según Abbas et al. (2023), cuando los contratos se ejecutan bajo esquemas de subcontratación múltiple, la coordinación entre los distintos equipos es más difícil, lo que aumenta la probabilidad de retrasos en puntos críticos del cronograma. Esta situación se acentúa en obras de tipo edificio, donde el espacio es limitado y las actividades deben ejecutarse en niveles verticales con restricciones de acceso simultáneo.

Además, ciertos elementos contextuales amplifican la vulnerabilidad de estas actividades. En ciudades intermedias con urbanización acelerada, la escasez de mano de obra calificada para trabajos especializados —como soldadura estructural o instalaciones domóticas— puede generar cuellos de botella en momentos clave (Qureshi et al., 2022). Asimismo, el cumplimiento de normativas técnicas específicas, como las relativas a eficiencia energética o resistencia sísmica,

introduce exigencias adicionales que aumentan los tiempos requeridos para actividades aparentemente rutinarias.

Por tanto, el presente estudio no solo se enfoca en identificar los factores que generan retrasos, sino también en establecer cuáles de estos afectan directamente a las actividades con mayor incidencia temporal, con el objetivo de jerarquizarlas y focalizar estrategias de mitigación. Esto no solo mejora la planificación, sino que permite optimizar recursos en función del impacto real que cada actividad tiene sobre el cronograma total.

5.3 Aplicación del análisis de Pareto en la ingeniería civil como herramienta de priorización

5.3.1 Fundamentos del análisis de Pareto y su aplicabilidad en proyectos

El análisis de Pareto, basado en el principio 80/20, es una herramienta analítica ampliamente utilizada para identificar y jerarquizar causas principales en procesos complejos. En el contexto de la ingeniería, su utilidad se centra en la capacidad de focalizar esfuerzos sobre el 20% de las causas que generan el 80% de los efectos negativos (Sahoo & Yadav, 2020). Esta técnica, aunque sencilla en su formulación, ha demostrado ser altamente efectiva en entornos donde los recursos son limitados y la necesidad de tomar decisiones estratégicas es crítica, como ocurre en los proyectos constructivos con presiones de tiempo y presupuesto.

En ingeniería civil, el análisis de Pareto ha sido aplicado con éxito en áreas como control de calidad, gestión de costos, fallas estructurales y, más recientemente, en la priorización de factores de retraso en obras (Prajapati et al., 2021). La metodología consiste en categorizar los eventos o causas registradas, cuantificar su frecuencia o impacto, y representarlas gráficamente para distinguir claramente cuáles generan la mayor parte del problema. Esta visualización no solo facilita la toma de decisiones informadas, sino que también aporta evidencia objetiva que respalda las acciones correctivas propuestas por el equipo técnico del proyecto.

La validez del análisis de Pareto se ha consolidado también en contextos de alta incertidumbre y dinámica urbana, donde las causas de retraso pueden ser múltiples y entrelazadas. Según el estudio de Arumugam et al. (2022), esta herramienta ha permitido a los gestores de obra en entornos urbanos de India y Malasia reducir hasta un 15% del tiempo de inactividad al identificar de forma efectiva los factores que más incidían en el cronograma. Esta evidencia demuestra que Pareto no solo sirve para clasificar, sino para priorizar decisiones bajo presión operativa.

Además, el análisis de Pareto tiene la ventaja de ser adaptable a distintos niveles de granularidad. Puede aplicarse tanto a nivel macro, para evaluar categorías generales de factores, como a nivel micro, para desglosar causas específicas dentro de una actividad clave. Esta versatilidad es especialmente útil en obras urbanas donde múltiples causas interactúan simultáneamente, y donde es necesario definir con claridad cuáles ameritan intervención inmediata. Su simplicidad matemática y su poder explicativo lo convierten en una herramienta adecuada para ingenieros civiles que requieren resultados prácticos y visualmente interpretables.

5.3.2 Aplicaciones recientes del análisis de Pareto en el sector construcción

El uso del análisis de Pareto en proyectos de construcción ha cobrado fuerza en los últimos años, especialmente en investigaciones orientadas a optimizar la gestión del tiempo y los recursos. En un estudio realizado en Vietnam, Nguyen et al. (2023) aplicaron la técnica a más de 40 obras urbanas para identificar las causas más frecuentes de retraso en instalaciones eléctricas y sanitarias, encontrando que solo cinco factores explicaban el 78% de las desviaciones de cronograma. Este tipo de hallazgos no solo valida el enfoque, sino que permite acciones concretas en planificación y supervisión.

En Latinoamérica, la metodología ha comenzado a incorporarse en análisis de impacto logístico y programación de actividades. Un ejemplo relevante es el trabajo de Cáceres-Peña et al. (2021), quienes implementaron el análisis de Pareto en obras públicas en Medellín para priorizar causas de improductividad en jornadas laborales. Sus resultados permitieron reducir en un 12% los tiempos muertos identificando solo cuatro causas de alto impacto, entre ellas fallas en el suministro de materiales, tiempos de espera por maquinaria y conflictos de coordinación entre contratistas.

Otra aplicación interesante se observó en el estudio de Ramesh & Natarajan (2022), quienes emplearon Pareto para evaluar retrasos en la construcción modular urbana en Chennai, logrando evidenciar que el 80% de las demoras provenían de solo el 23% de las actividades programadas. Este enfoque no solo permitió reprogramar tareas prioritarias, sino también redirigir recursos y personal hacia los puntos más sensibles del cronograma, mejorando la eficiencia operativa.

Estos estudios reflejan una tendencia creciente a integrar métodos de priorización cuantitativa en la gestión de obras. Frente a modelos empíricos basados en experiencia o juicio, el análisis de Pareto ofrece una estructura analítica sustentada en datos que facilita la toma de decisiones en

tiempo real. Para contextos urbanos como Cumbayá, con alta presión de tiempo y densidad normativa, esta herramienta puede ser clave para intervenir sobre lo verdaderamente prioritario.

5.3.3 Ventajas del análisis de Pareto frente a enfoques tradicionales

Uno de los principales aportes del análisis de Pareto frente a otros enfoques tradicionales de diagnóstico en obras es su capacidad para simplificar sin trivializar. Mientras metodologías como el análisis de redes (PERT/CPM) o simulaciones estocásticas requieren herramientas computacionales complejas, Pareto permite obtener conclusiones robustas con información accesible y fácil procesamiento (Dabholkar & Sawant, 2020). Esta característica lo hace especialmente útil para obras medianas en entornos urbanos donde los equipos de gestión no siempre disponen de softwares especializados o personal capacitado en técnicas avanzadas.

Otra ventaja clave es la visualización. La curva de Pareto y el diagrama de barras asociado permiten representar de forma inmediata qué causas deben ser atendidas con urgencia, facilitando la comunicación entre técnicos, directivos y personal de campo. Como afirman de Abreu et al. (2021), esta capacidad de representación visual fortalece el enfoque colaborativo, reduciendo tiempos de análisis y aumentando la alineación en la toma de decisiones. En proyectos de construcción con múltiples frentes de trabajo y cronogramas ajustados, este valor comunicacional no es menor.

A diferencia de enfoques empíricos, donde se prioriza con base en intuiciones o presiones externas, Pareto permite fundamentar las decisiones estratégicas en frecuencia, impacto o costo, según se defina la variable de análisis. Esto lo convierte en una herramienta adaptativa a diferentes contextos: puede aplicarse para priorizar factores que afectan la duración, el presupuesto, la calidad o incluso la seguridad laboral. Esta flexibilidad metodológica le da ventaja en ambientes de alta incertidumbre como los proyectos en zonas urbanas densas.

Finalmente, el análisis de Pareto tiene una alta compatibilidad con otras herramientas de mejora continua, como el ciclo PDCA, los métodos Lean o incluso las metodologías ágiles en gestión de proyectos. Según Baral et al. (2022), su integración con enfoques de control de procesos permite generar un sistema de mejora iterativo, donde los factores críticos se identifican, abordan, y luego se reevalúan de forma continua. Esta sinergia multiplica su utilidad práctica en el campo de la ingeniería civil.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

6. Metodología

6.1 Tipo de Investigación

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, aplicado y explicativo, orientado a identificar, analizar y jerarquizar los factores que incidieron con mayor fuerza en la duración de actividades clave en la construcción de edificaciones urbanas. El enfoque cuantitativo permitió abordar el objeto de estudio mediante la recolección y análisis sistemático de datos numéricos, lo cual facilitó una interpretación objetiva de los resultados y garantizó la replicabilidad del estudio (Creswell & Creswell, 2018). Esta estrategia metodológica resultó pertinente para explicar relaciones causales entre variables observables, como los factores de retraso en actividades constructivas.

Asimismo, el estudio fue de carácter aplicado, ya que sus resultados se enfocaron en la solución práctica de un problema real dentro de un entorno específico, en este caso, la planificación temporal de obras civiles en Cumbayá. Según Hernández-Sampieri et al. (2021), las investigaciones aplicadas generan conocimientos útiles para la toma de decisiones técnicas, más allá de la teoría pura. En cuanto al nivel de profundidad, esta fue una investigación explicativa, en tanto buscó establecer no solo qué factores estaban presentes, sino cuál fue su grado de influencia sobre los retrasos detectados, permitiendo su jerarquización a través del análisis de Pareto (Sahu, 2022).

Esta combinación metodológica permitió articular el análisis de datos empíricos con herramientas estadísticas robustas y visuales, de modo que los hallazgos obtenidos pudieran servir como base técnica para mejorar la gestión del tiempo en proyectos similares.

6.2 Fuentes de Información

El estudio se apoyó en una estrategia de triangulación de fuentes, combinando datos documentales, empíricos y observacionales, con el fin de mejorar la validez y confiabilidad del análisis. En primer lugar, se utilizaron documentos técnicos y cronogramas reales de obra correspondientes a proyectos ejecutados entre 2022 y 2024 en la zona de Cumbayá. Estos documentos permitieron identificar las actividades de mayor duración e inconsistencias en el cumplimiento de los plazos

establecidos. Según Flick (2018), las fuentes documentales ofrecen evidencia empírica directa, clave para reconstruir con precisión eventos pasados.

En segundo lugar, se aplicaron encuestas estructuradas a residentes, supervisores y planificadores de obra, seleccionados por su experiencia directa en la ejecución y control de actividades críticas. Este tipo de informantes clave aportó una visión experta sobre los factores que afectaron el cronograma. Tal como indican Saunders et al. (2019), los datos obtenidos de actores estratégicos fortalecen la comprensión contextual del fenómeno investigado y permiten validar las categorías teóricas.

Finalmente, se llevaron a cabo visitas de campo bajo observación estructurada, que permitieron verificar de forma directa la ocurrencia de ciertas condiciones operativas y registrar eventos relevantes no capturados en las encuestas o documentos. Yin (2021) y Anguera et al. (2020) afirman que la observación en sitio complementa las fuentes declarativas, aportando evidencia en tiempo real sobre el entorno operativo del objeto de estudio.

6.2 Técnicas e Instrumentos

La principal técnica utilizada fue la encuesta estructurada, compuesta por ítems agrupados según tipo de construcción (acero, hormigón o mixta) y por actividad crítica (p. ej., armado, encofrado, montaje, soldadura, vaciado, etc.), lo que permitió desagregar los factores de retraso por tipo de obra. Cada bloque incluyó nueve categorías de factores: motivación del equipo, experiencia, organización del proyecto, composición del equipo, disponibilidad de personal, ambiente de trabajo, condiciones del área, suministro de materiales, y presencia de imprevistos. A su vez, cada factor se midió en relación con actividades específicas utilizando una escala de valoración ordinal (alto, medio, bajo).

Para asegurar la fiabilidad del instrumento, se realizó una prueba piloto previa con una muestra de cinco profesionales de obra no incluidos en el estudio final. Esta prueba permitió verificar la comprensión de los ítems, ajustar el lenguaje técnico y depurar redundancias. Posteriormente, se calculó la consistencia interna del instrumento mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, obteniéndose un valor de 0,89, lo que indica un nivel alto de fiabilidad (Taber, 2018). Este valor respalda la coherencia interna del cuestionario y su utilidad para generar datos consistentes.

Los datos obtenidos se procesaron utilizando plantillas personalizadas en Excel, que permitieron ordenar los factores según su frecuencia de aparición e impacto estimado. Estas plantillas

incluyeron funciones de cálculo automático para el análisis de Pareto, permitiendo la representación gráfica de los factores y la identificación del punto de corte del 80% de impacto acumulado. Esta visualización facilitó la priorización técnica de los elementos críticos según la metodología 80/20 (Rauf et al., 2023).

Complementariamente, durante las visitas de campo se aplicaron fichas de observación, diseñadas para documentar el desempeño de actividades críticas, interrupciones operativas, limitaciones logísticas, y factores ambientales. Estas fichas incluyeron campos para observaciones descriptivas, registro fotográfico y validación de condiciones reales en obra, fortaleciendo la base empírica del análisis.

6.3 Aplicación del Método de Pareto

El análisis de Pareto se implementó como técnica central para el tratamiento y jerarquización de los datos. Esta herramienta, sustentada en la lógica del 80/20, permitió identificar aquellos pocos factores que explicaron la mayor proporción de los retrasos en las actividades clave (Pugna et al., 2020). La aplicación se estructuró en cinco fases secuenciales.

Primero, se realizó la identificación de actividades clave en cada tipo de sistema constructivo (acero, hormigón, mixto), en función de su duración y criticidad dentro del cronograma general. A partir del análisis de documentos y observación en sitio, se seleccionaron actividades como alineamiento estructural, montaje de columnas, vaciado de hormigón, curado, soldadura y acabados técnicos.

En segundo lugar, se recolectaron los datos a través de las encuestas, registrando la valoración de cada factor en relación con las actividades específicas. Para cada ítem se midió su nivel de impacto percibido (alto, medio, bajo) y su frecuencia en los distintos proyectos observados.

La tercera fase consistió en cuantificar el impacto porcentual de cada factor, combinando frecuencia e intensidad. Estos datos se organizaron por actividad clave, lo cual permitió realizar un análisis comparativo y sectorizado. En cuarto lugar, se elaboraron gráficos de Pareto por actividad, en los cuales se representó la contribución acumulada de cada factor en el total de desviaciones temporales.

Finalmente, se procedió a la interpretación de los resultados, destacando los factores que conformaron el 80% del impacto acumulado. Estos elementos fueron considerados como

prioritarios para la toma de decisiones en futuros proyectos, y su identificación permitió formular recomendaciones específicas de mejora en planificación, logística y gestión operativa.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

7. Análisis de datos y resultados

Se expondrán los resultados de las encuestas realizadas:

| BAJO | MEDIO | ALTO |
|------|-------|------|
| 1 | 2 | 3 |

Ilustración 1: Ponderación por colores

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 2: Cargo del encuestado

Fuente: Microsoft Excel

FEZ VIEW CUMBAYÁ

Ubicación: Juan León Mera &, Quito 170157

Tipo de construcción: Acero

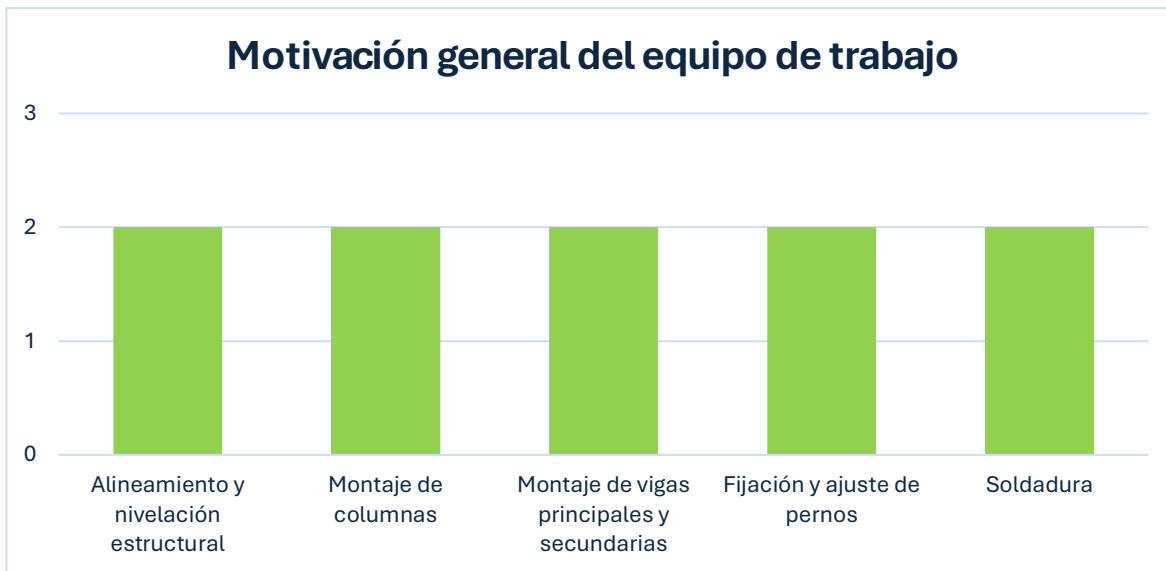


Ilustración 3: Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

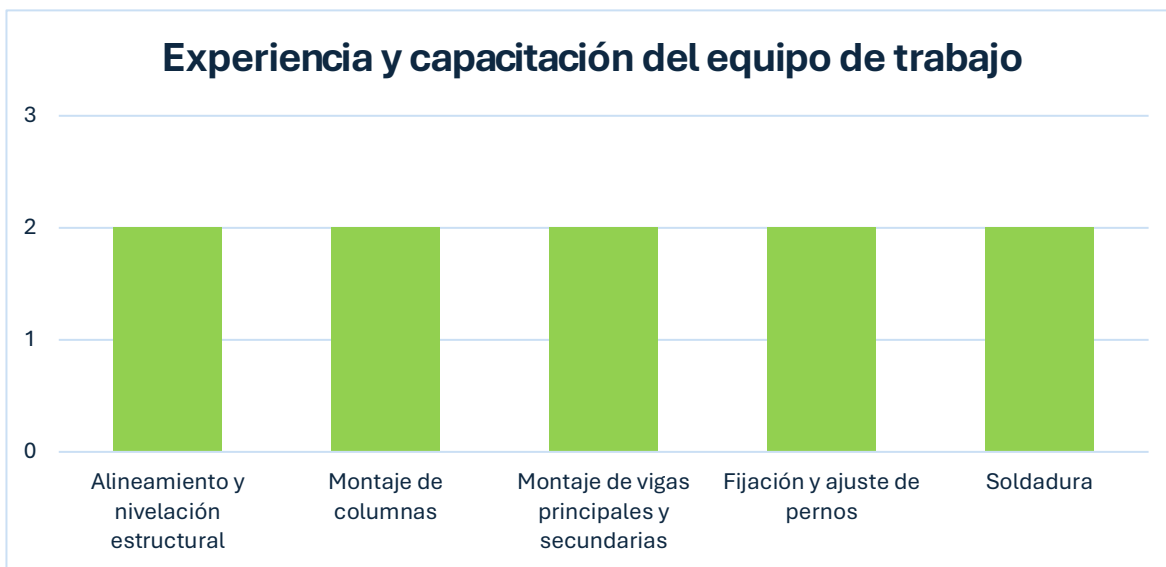


Ilustración 4: Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

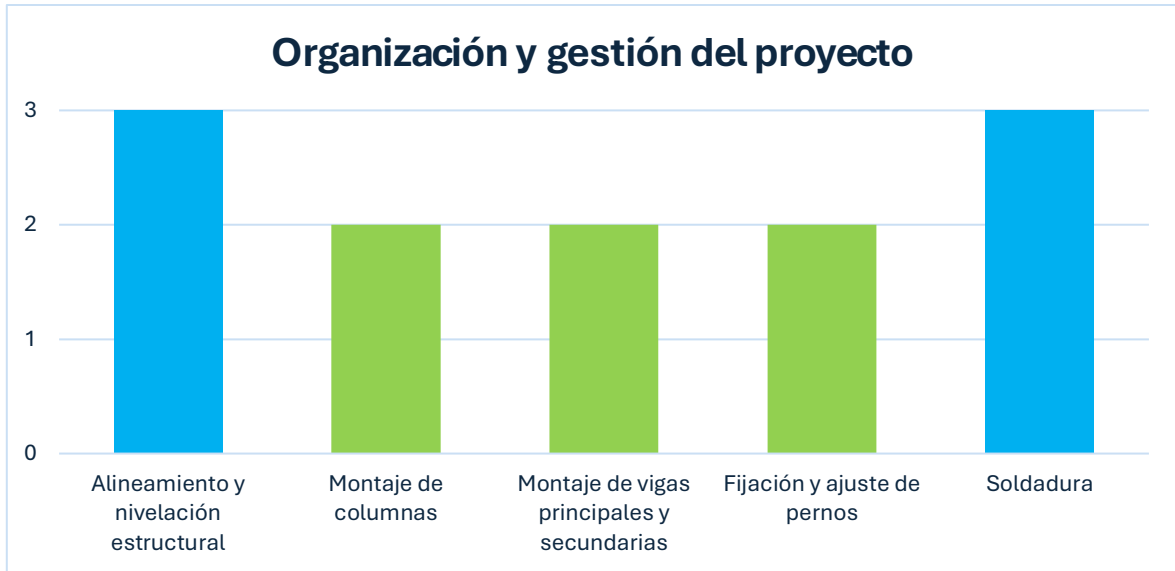


Ilustración 5: Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

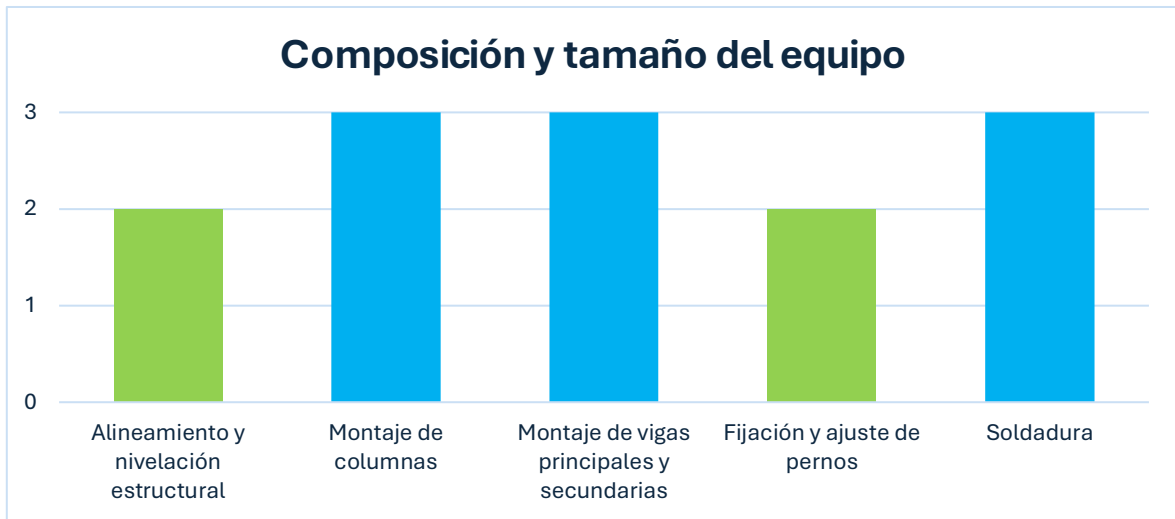


Ilustración 6: Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 7. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

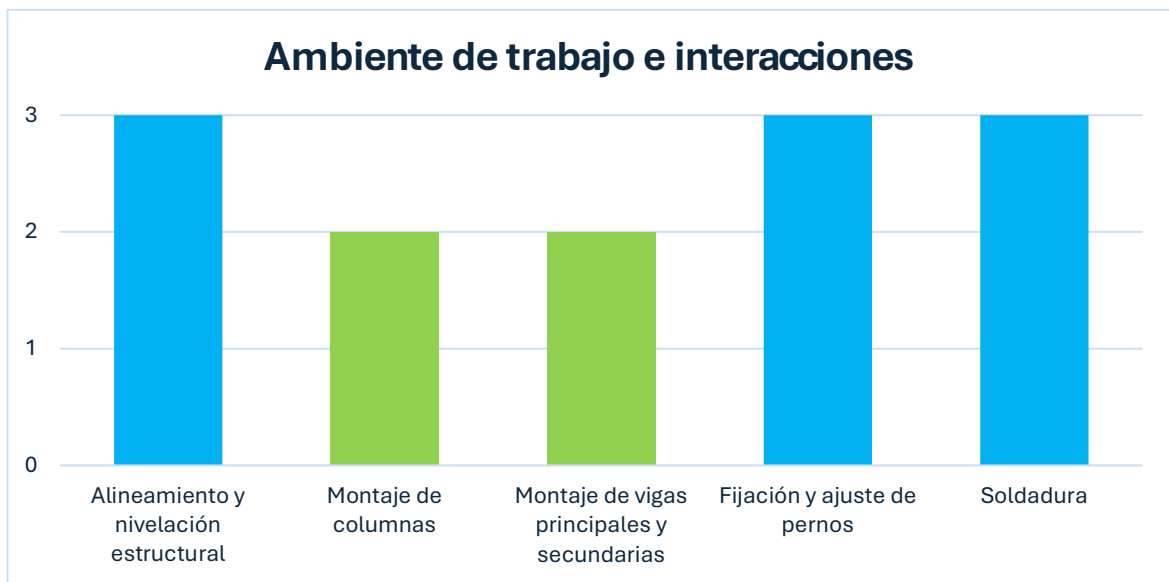


Ilustración 8. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

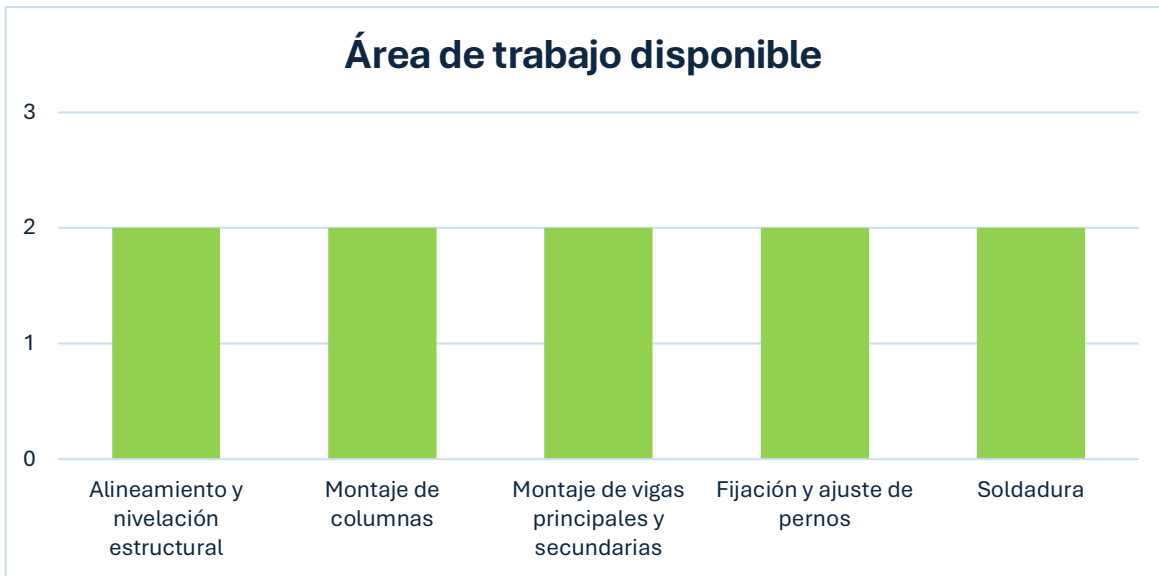


Ilustración 9. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

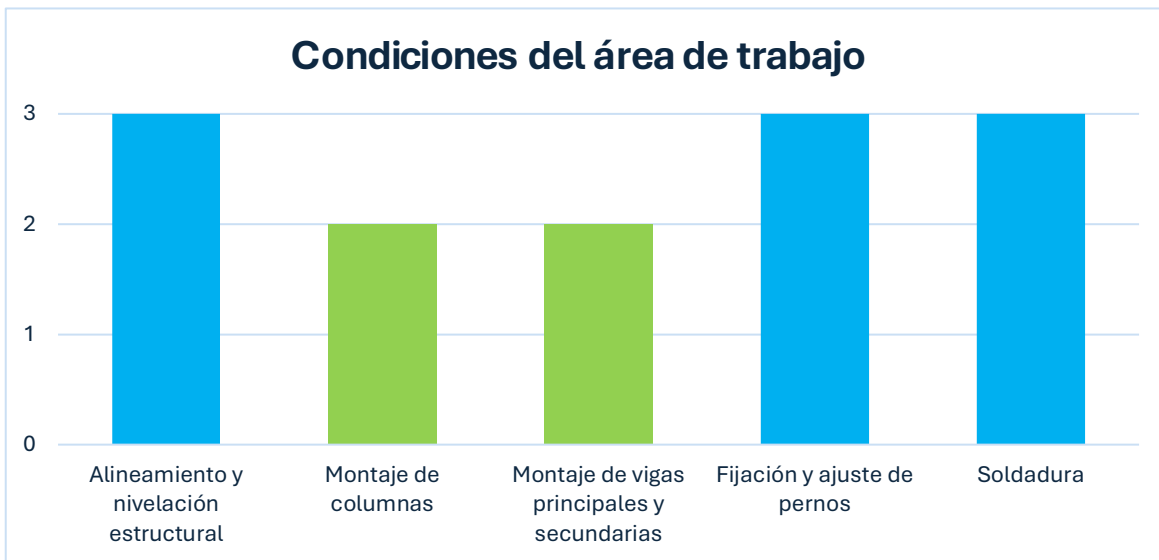


Ilustración 10. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

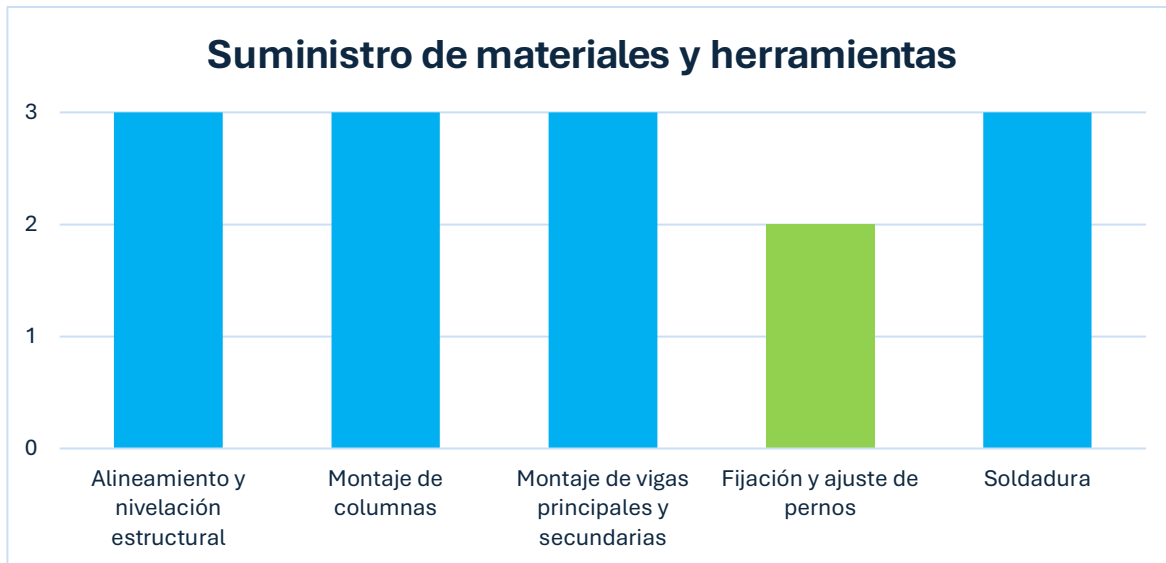


Ilustración 11. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

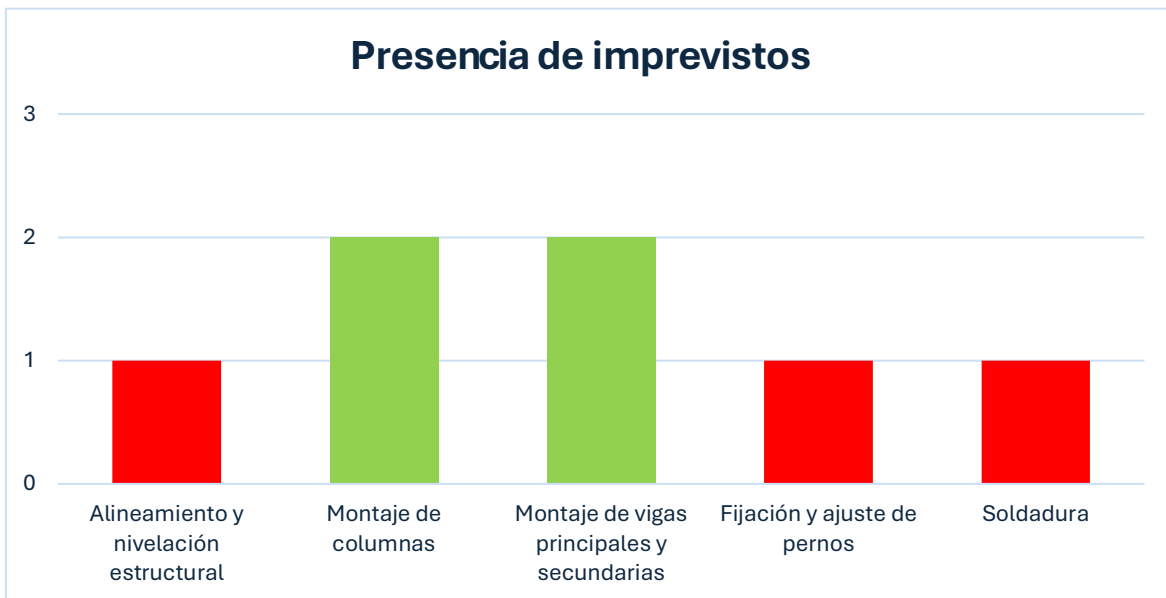


Ilustración 12. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

EDIFICIO LIVING CUMBAYÁ L1

Ubicación: Calle sin nombre y, Francisco de Orellana, Quito 170902

Tipo de construcción: Hormigón

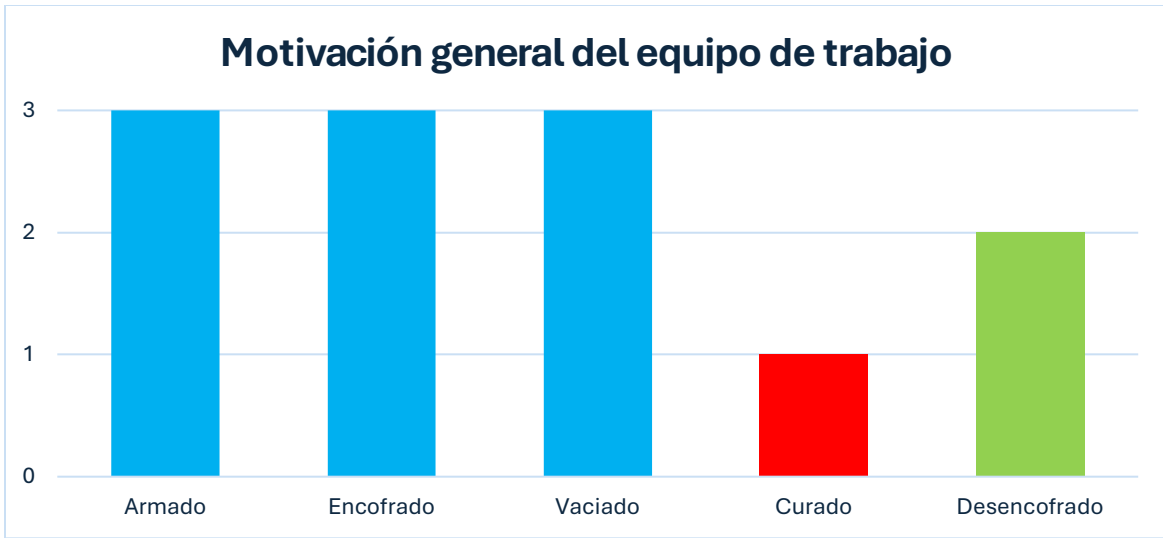


Ilustración 13. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

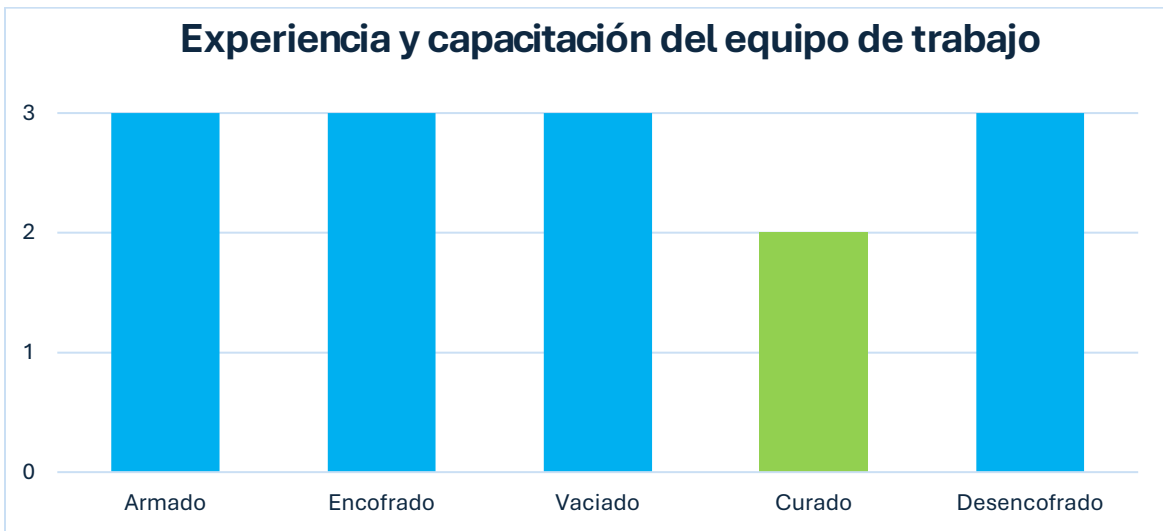


Ilustración 14. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

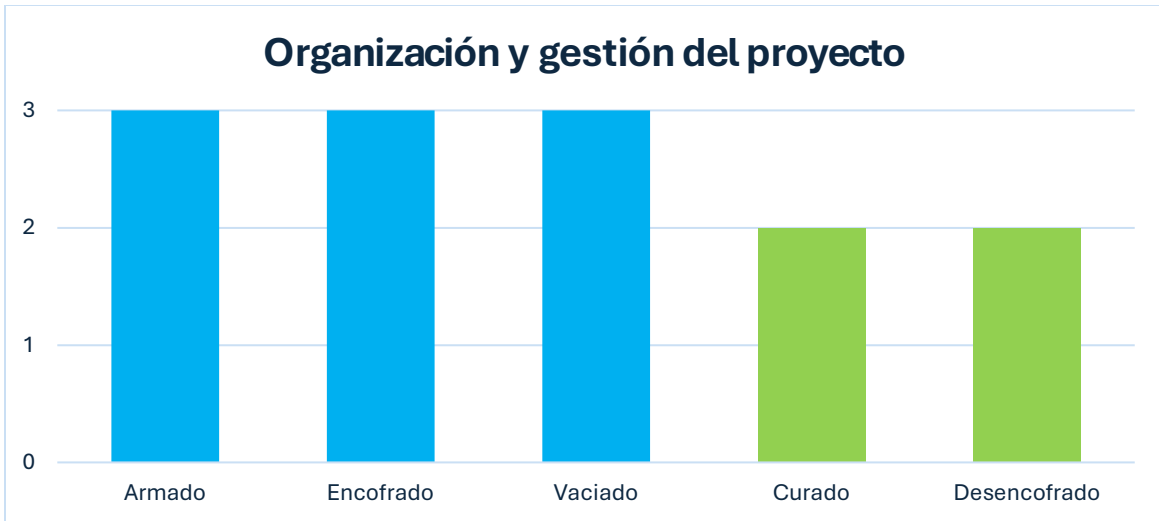


Ilustración 15. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

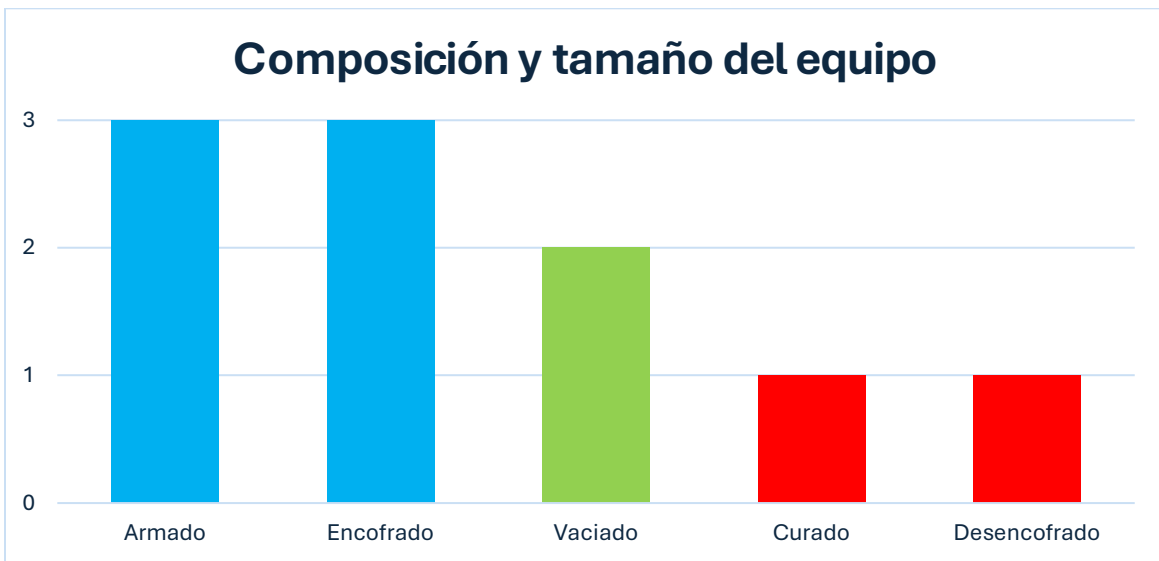


Ilustración 16. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel

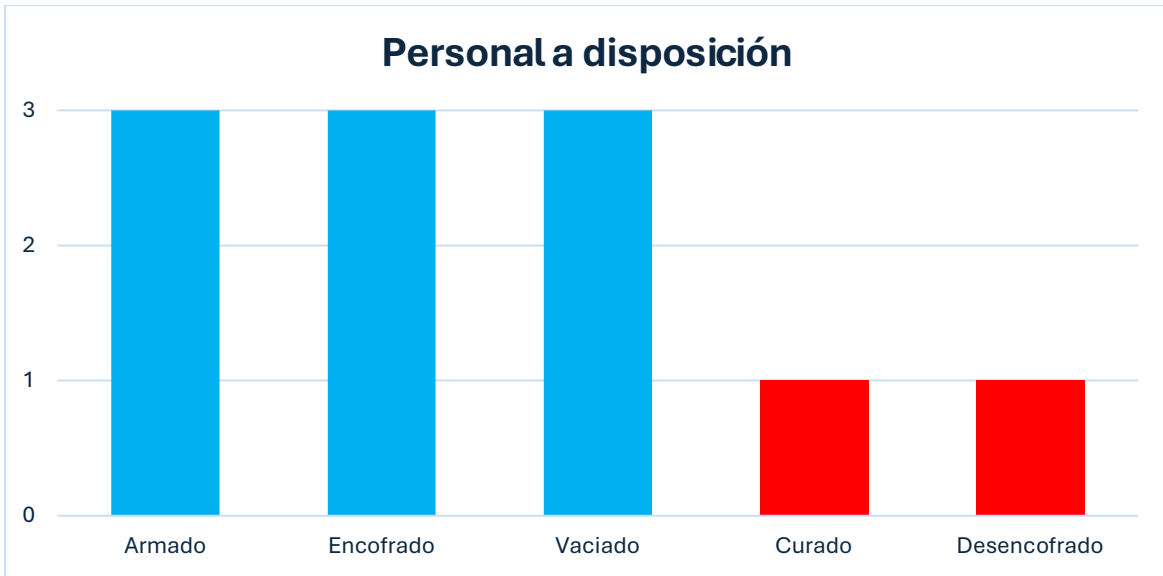


Ilustración 17. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

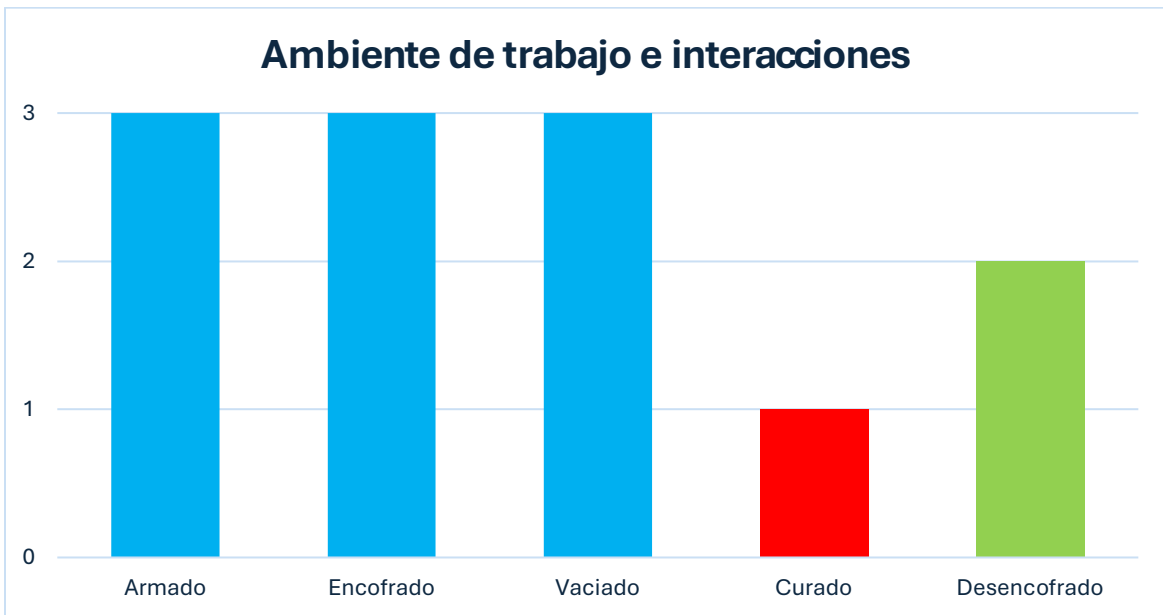


Ilustración 18. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

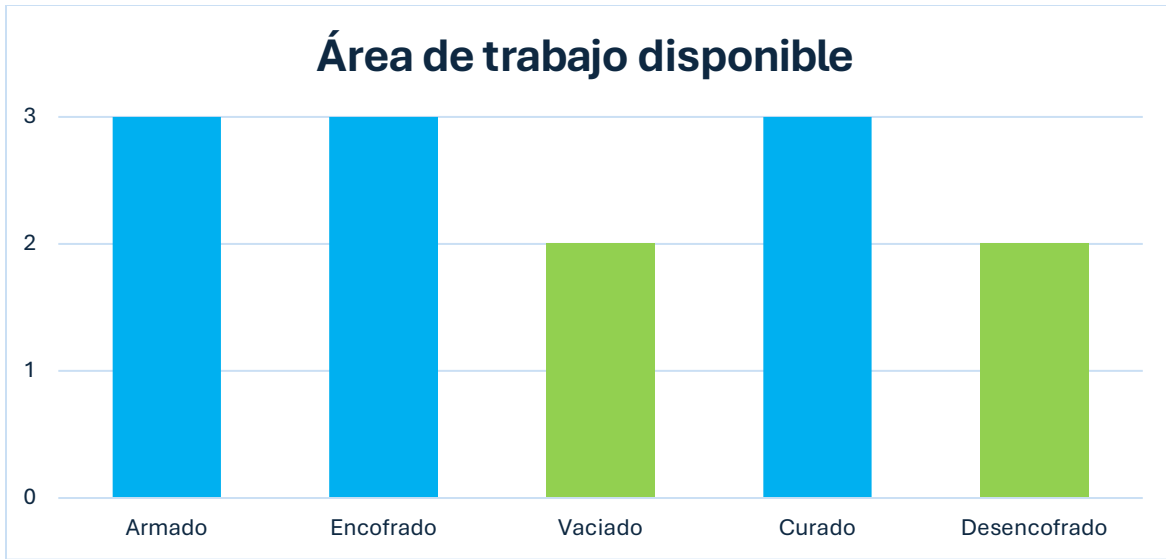


Ilustración 19. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

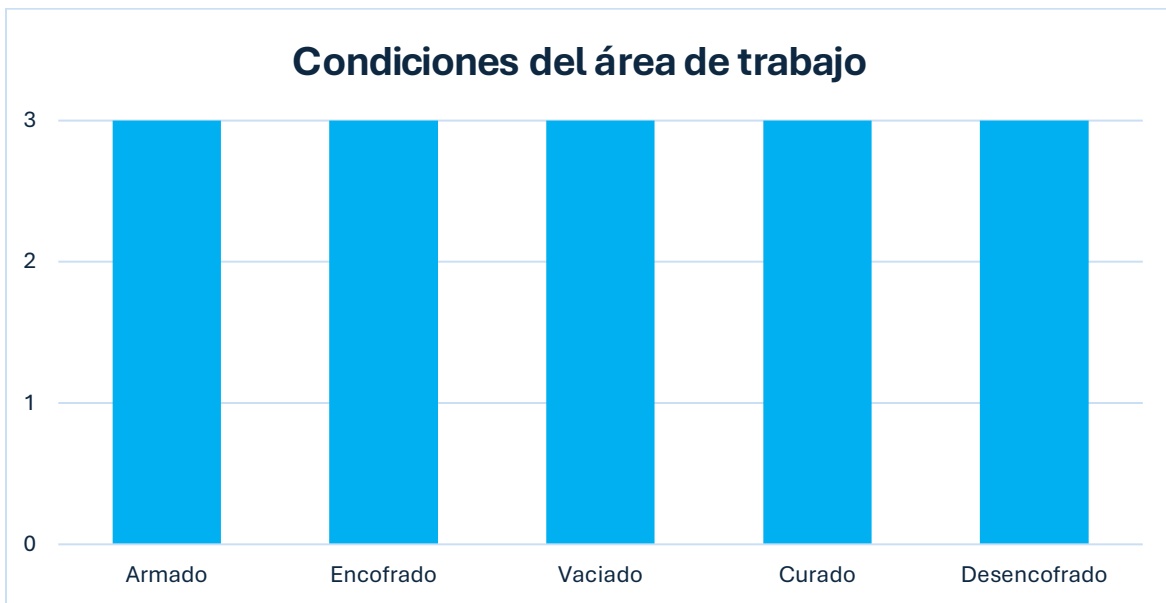


Ilustración 20. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

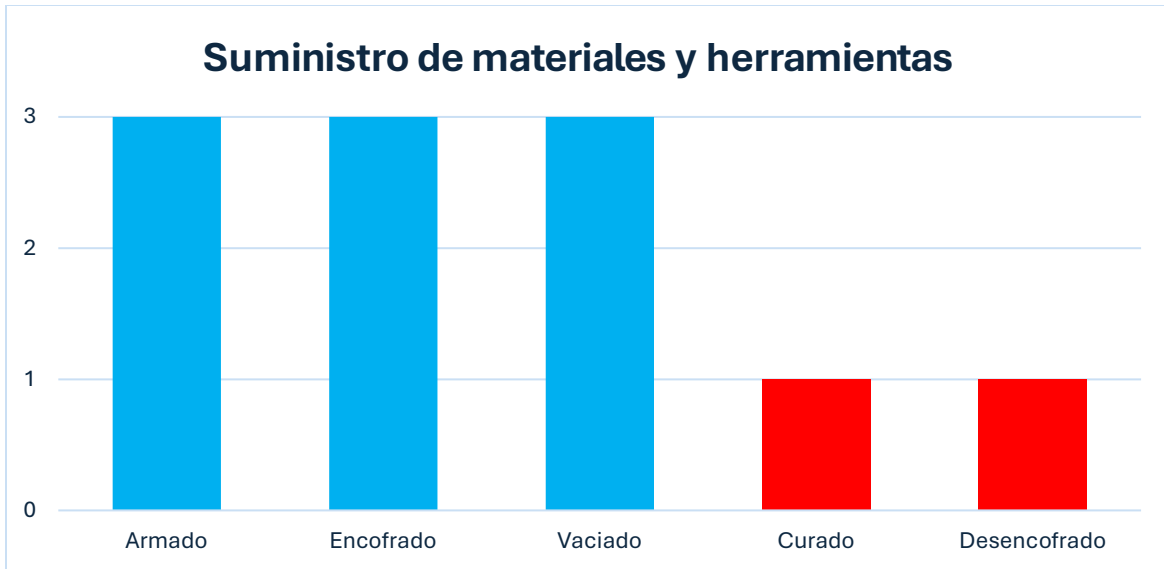


Ilustración 21. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

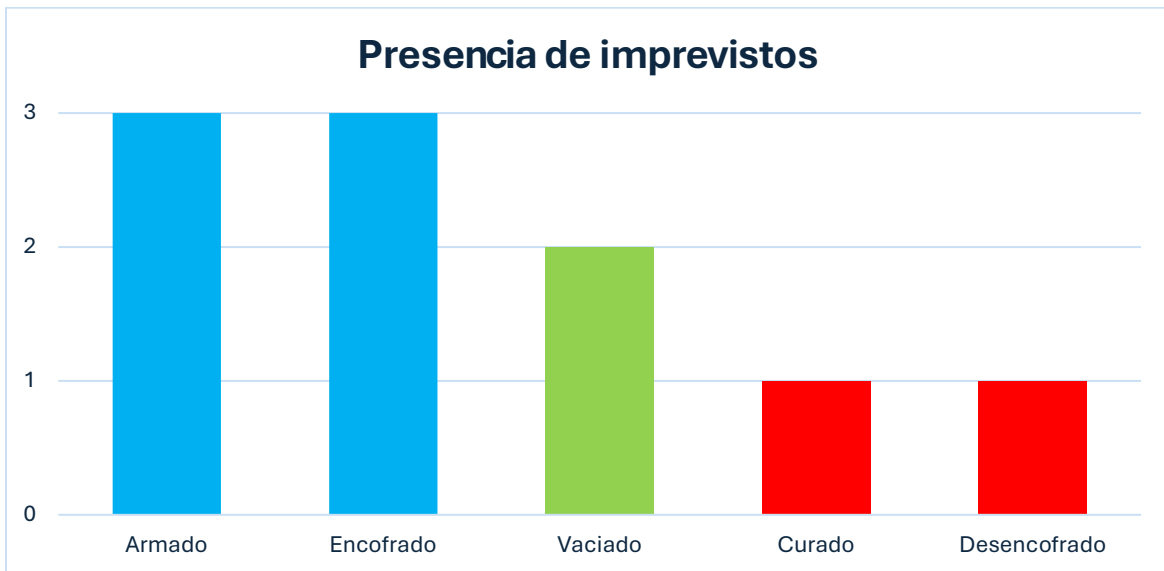


Ilustración 22. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

LA PLAZZA

Ubicación: Calle Alba Calderón E3-95 y Padre Luis Garzón

Tipo de construcción: Acero

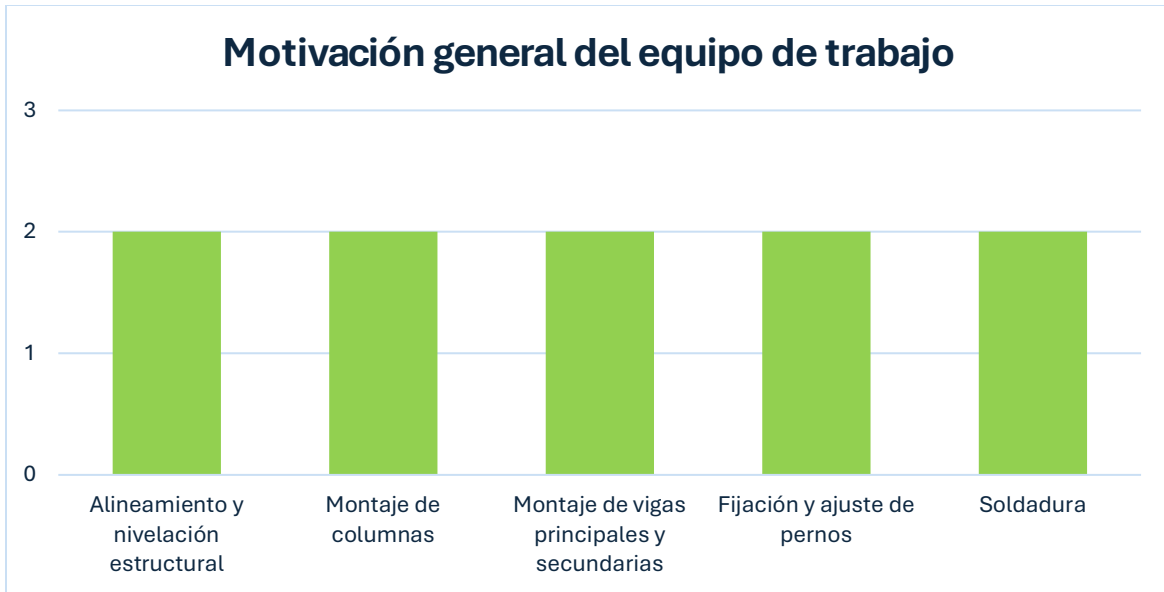


Ilustración 23. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

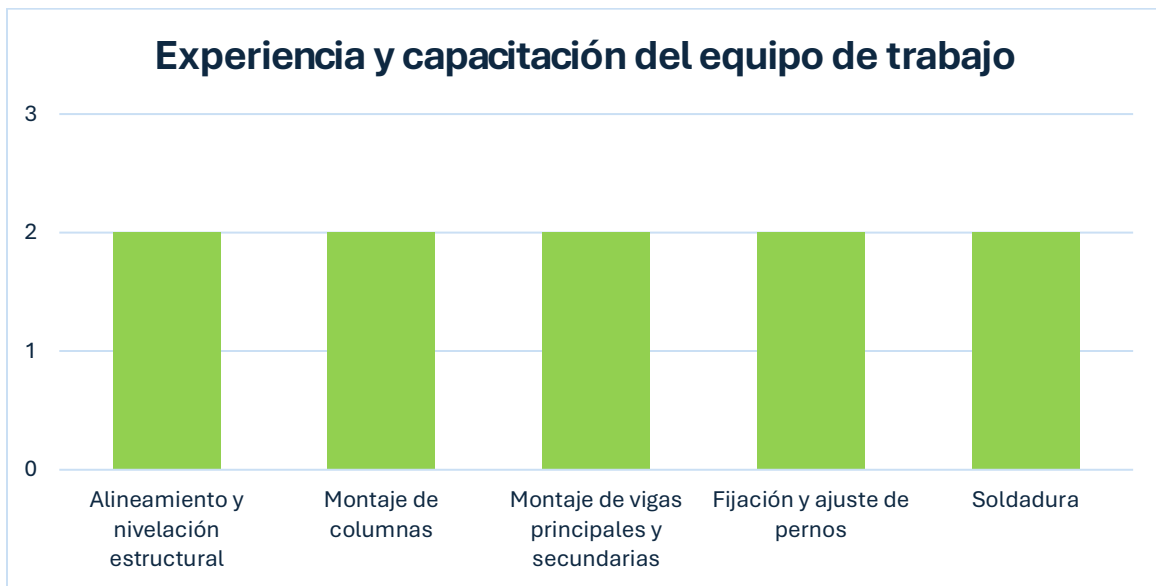


Ilustración 24. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

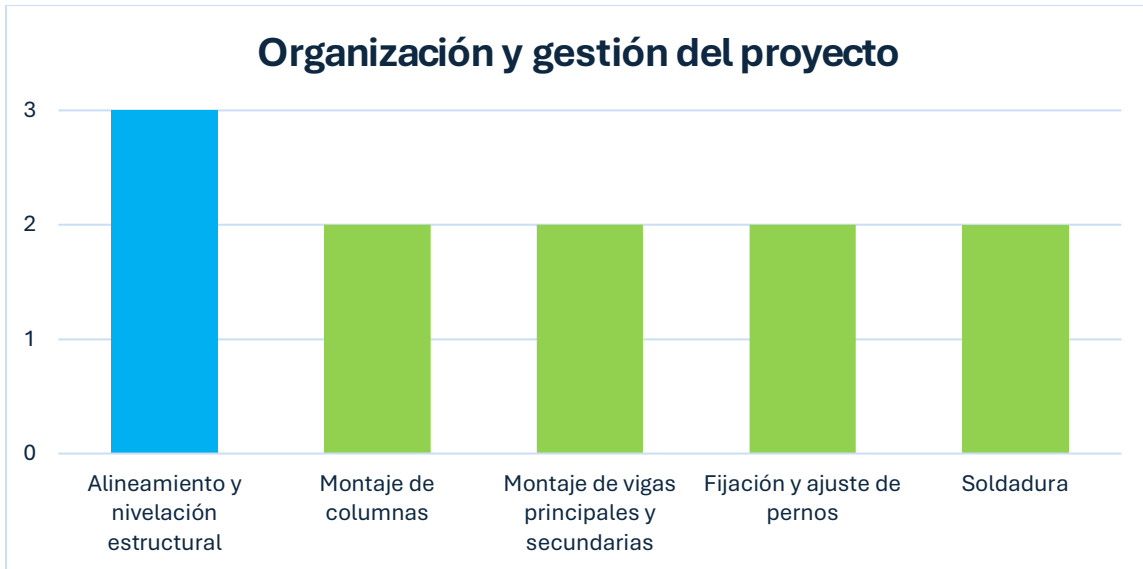


Ilustración 25. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

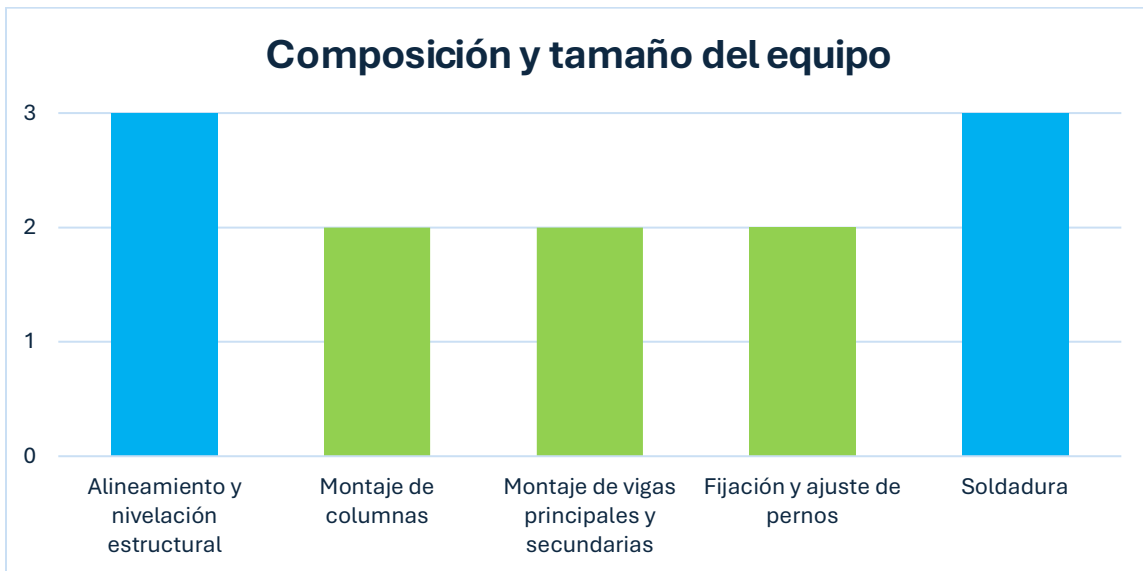


Ilustración 26. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 27. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

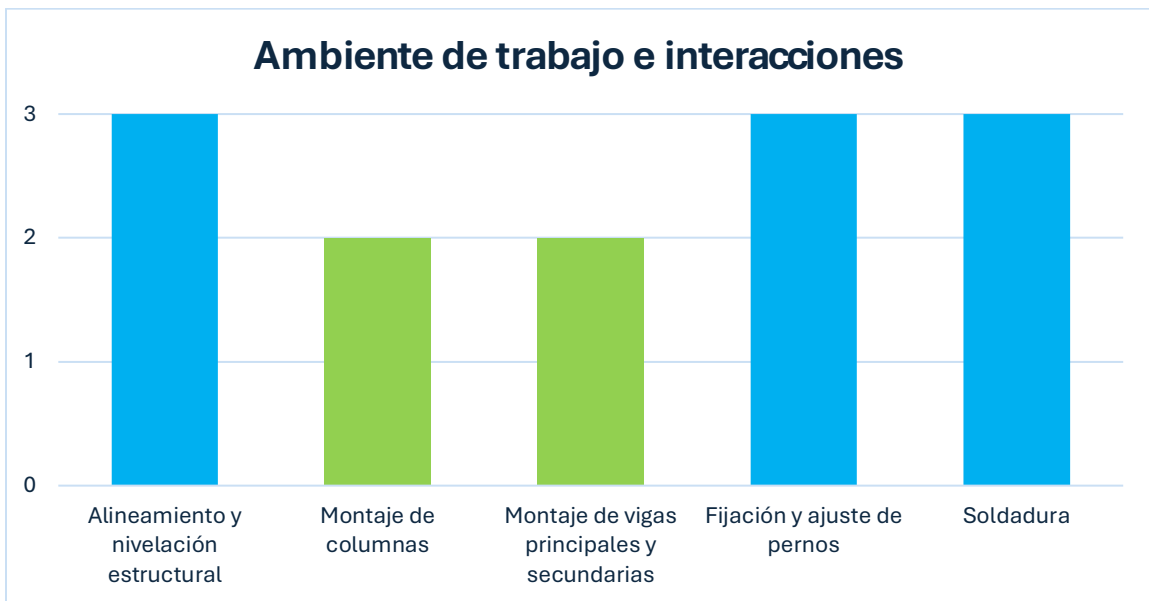


Ilustración 28. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

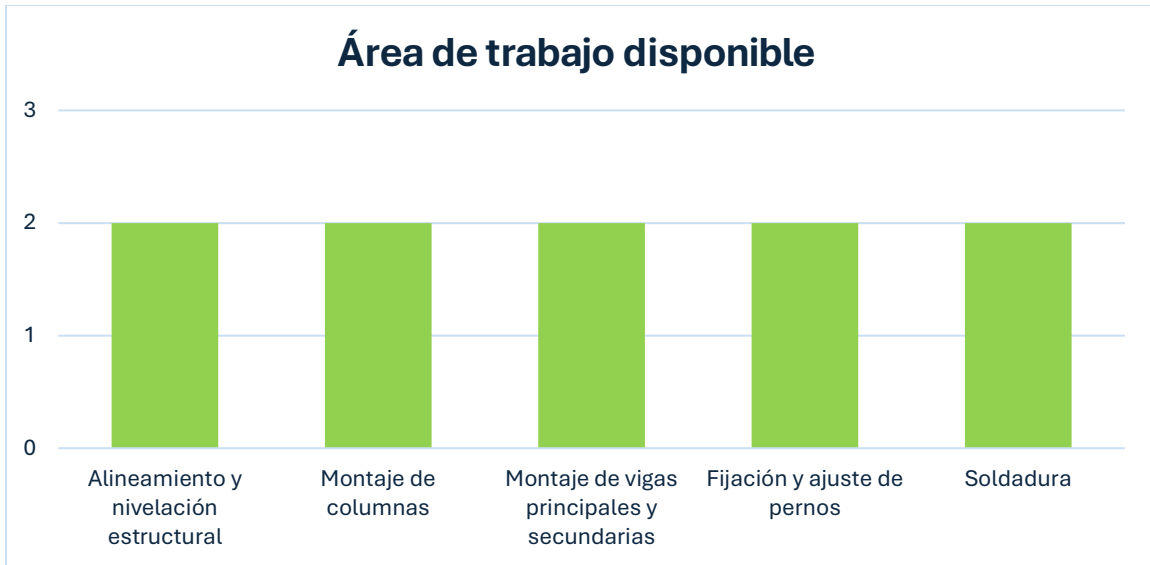


Ilustración 29. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

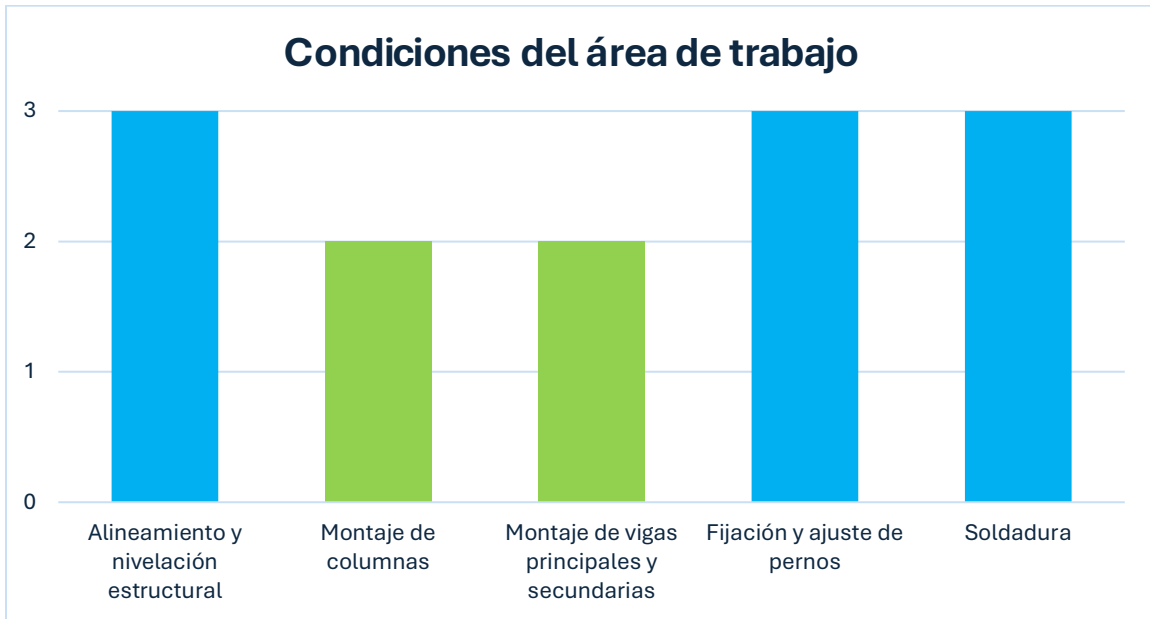


Ilustración 30. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

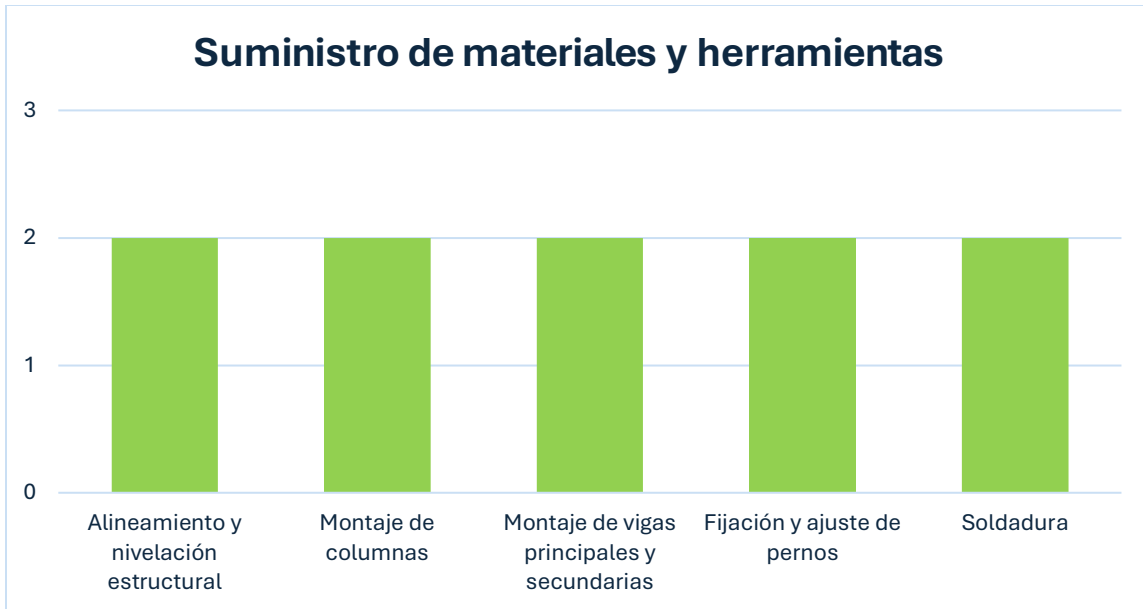


Ilustración 31. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

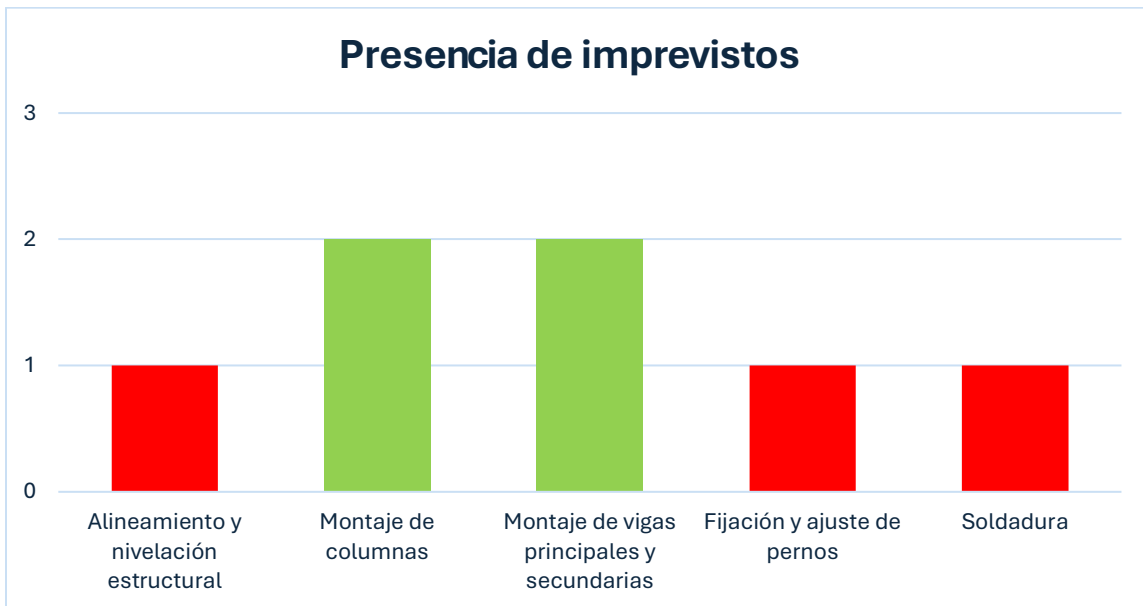


Ilustración 32. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

AQUARELA

Ubicación: Isidro Ayora 2, Quito 170902

Tipo de construcción: Hormigón

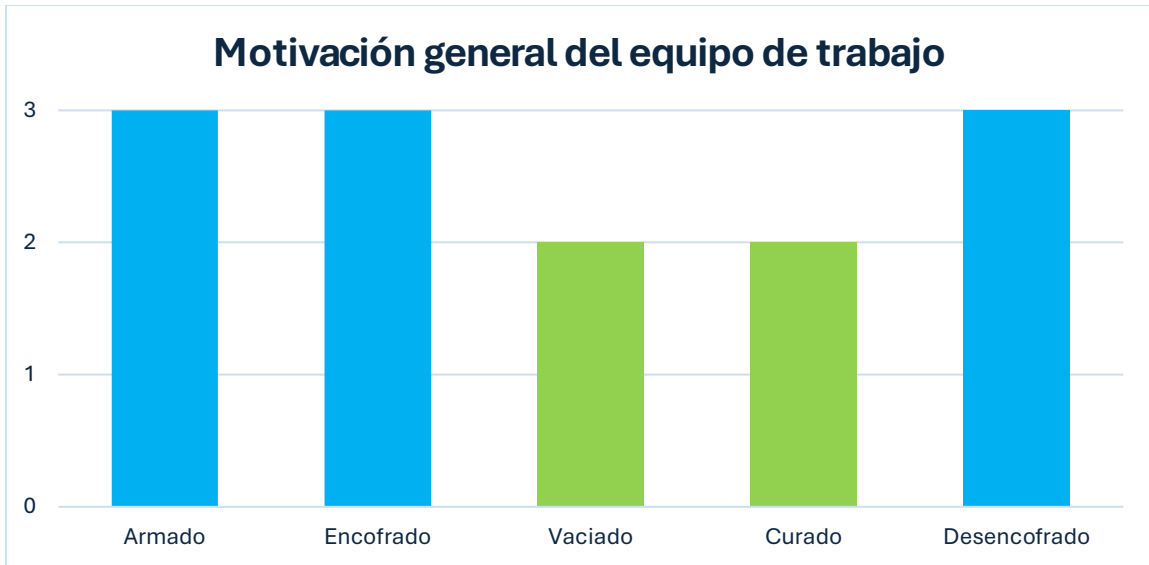


Ilustración 33. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

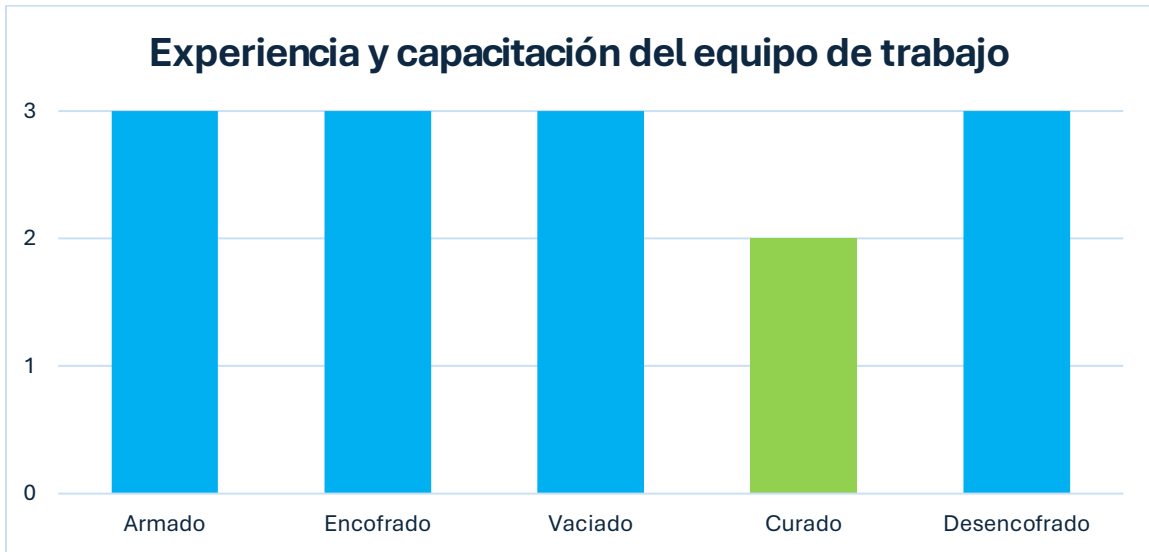


Ilustración 34. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

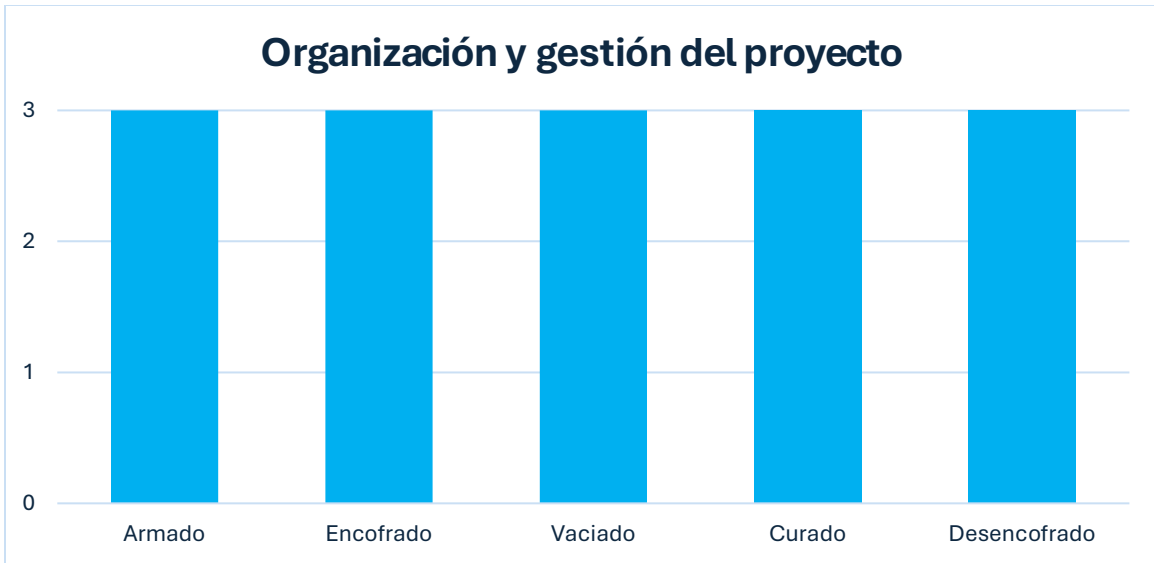


Ilustración 35. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

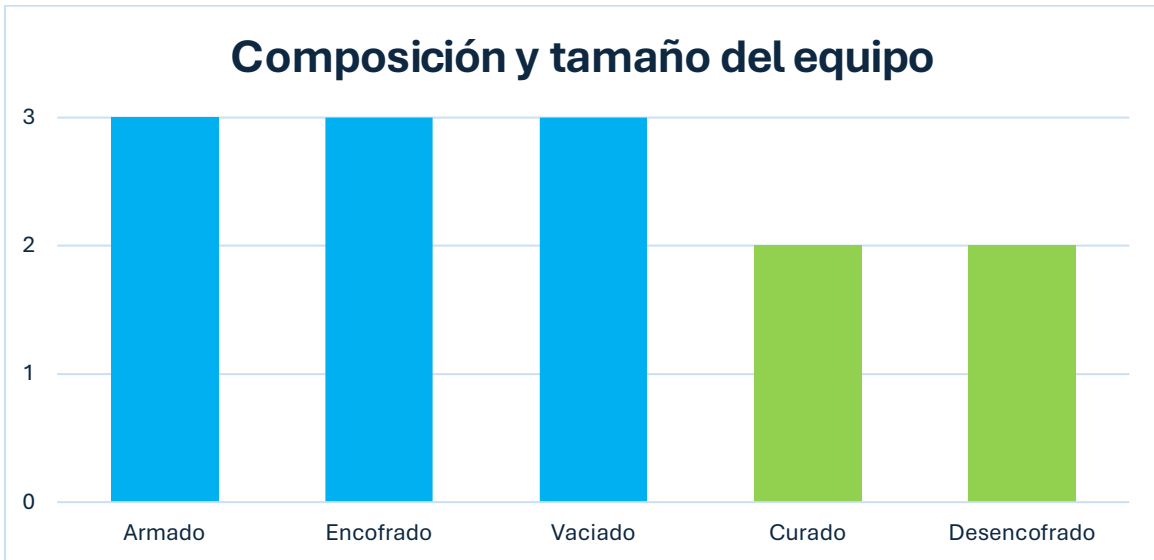


Ilustración 36. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel

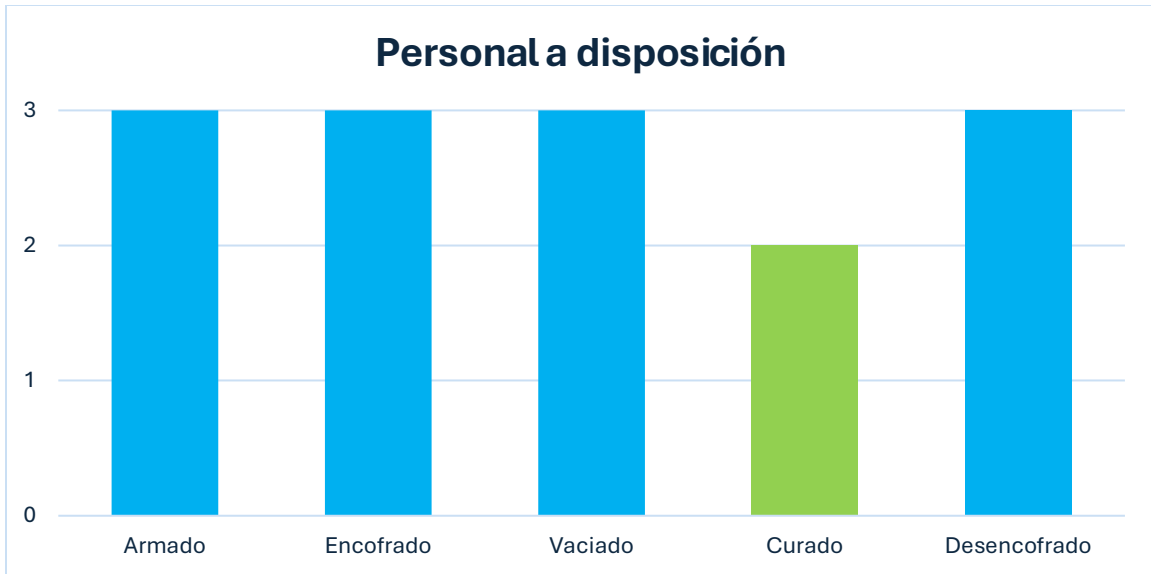


Ilustración 37. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

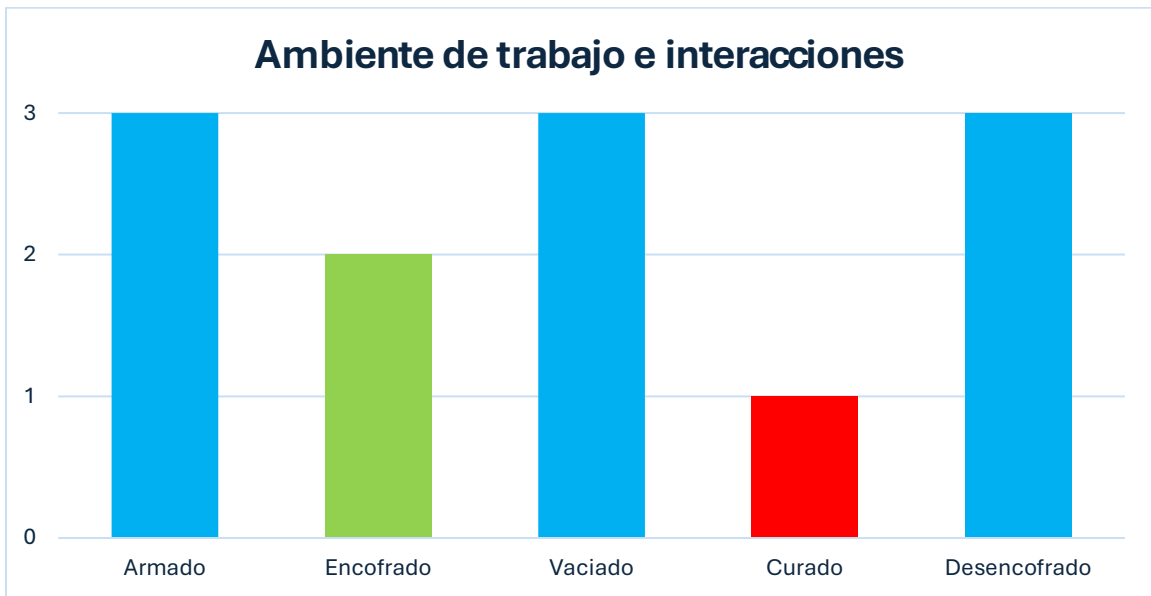


Ilustración 38. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

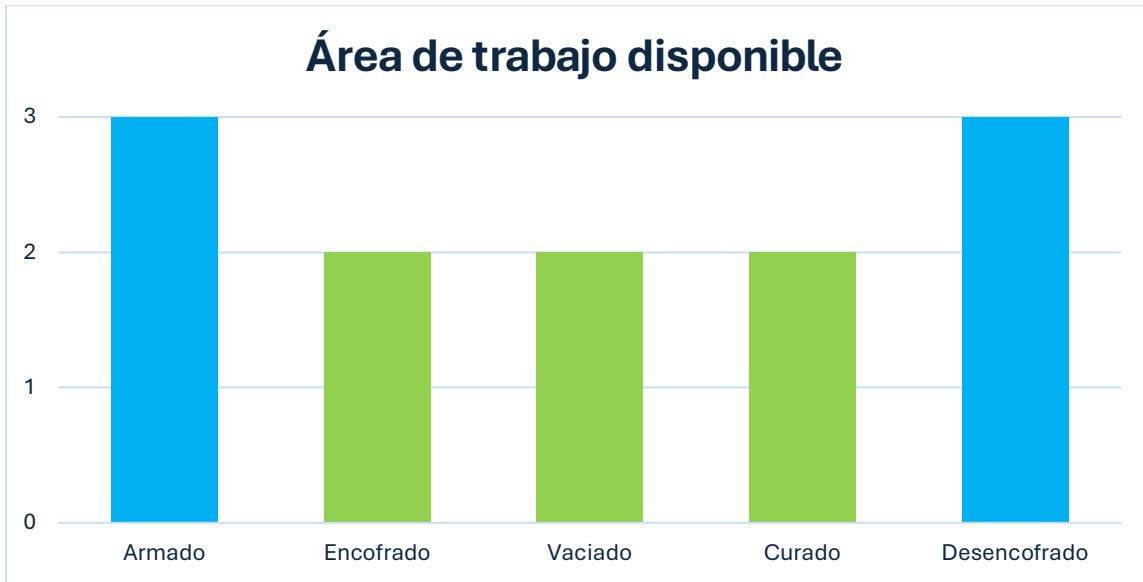


Ilustración 39. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

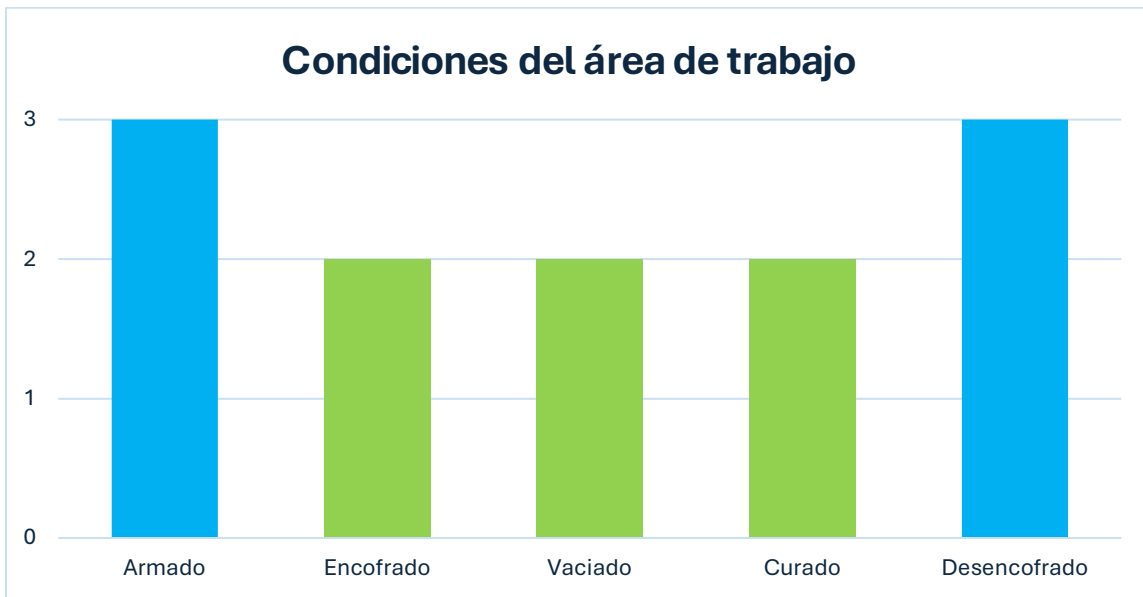


Ilustración 40. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

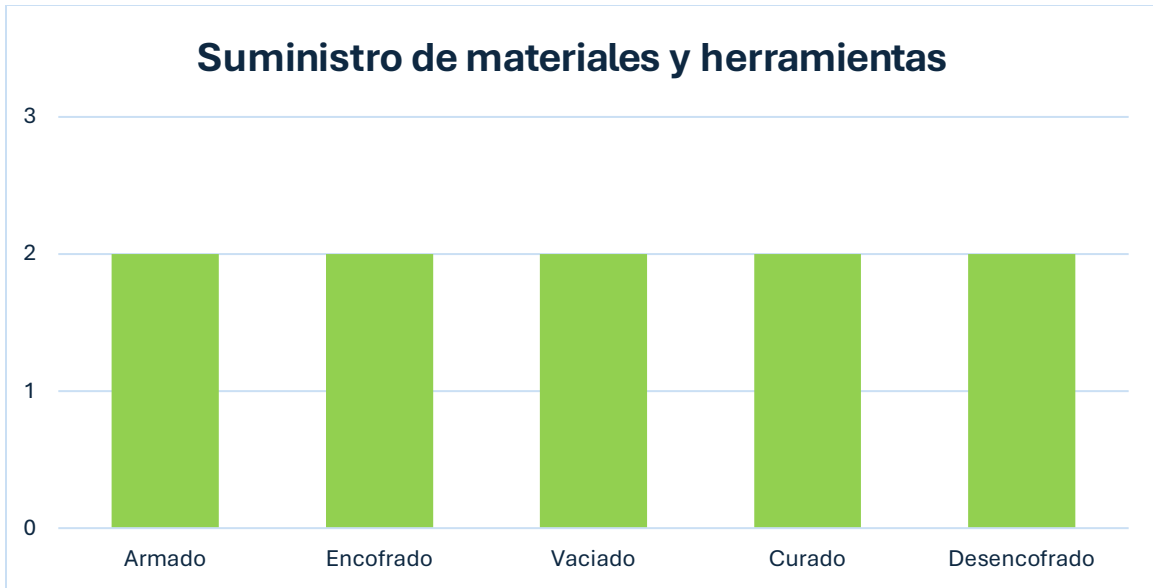


Ilustración 41. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

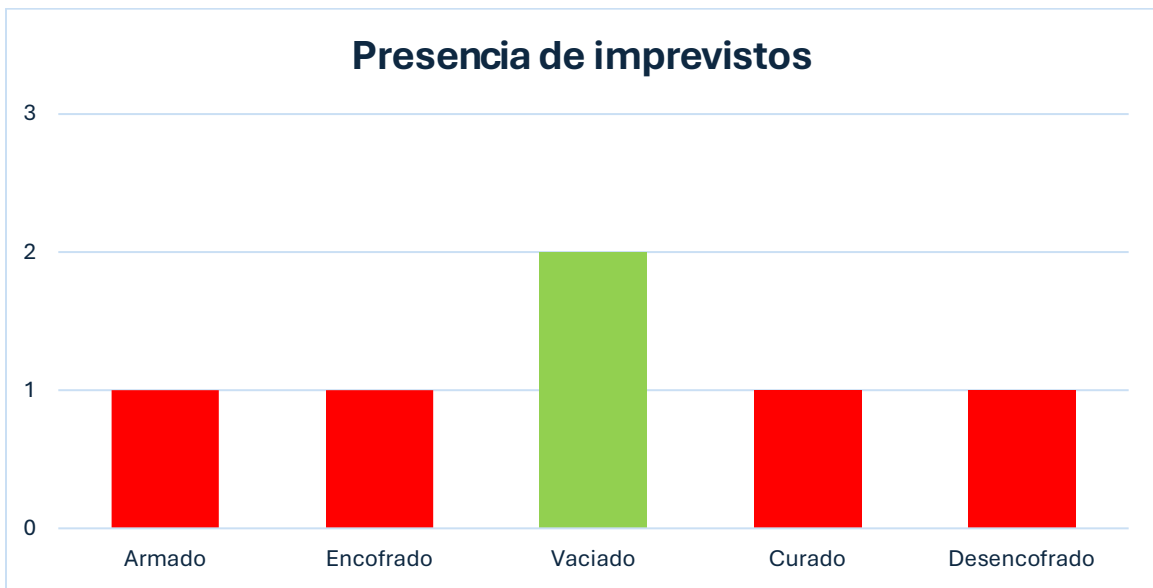


Ilustración 42. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

BRIZA CUMBAYÁ

Ubicación: Av. Francisco de Orellana, y, Quito

Tipo de construcción: Mixta

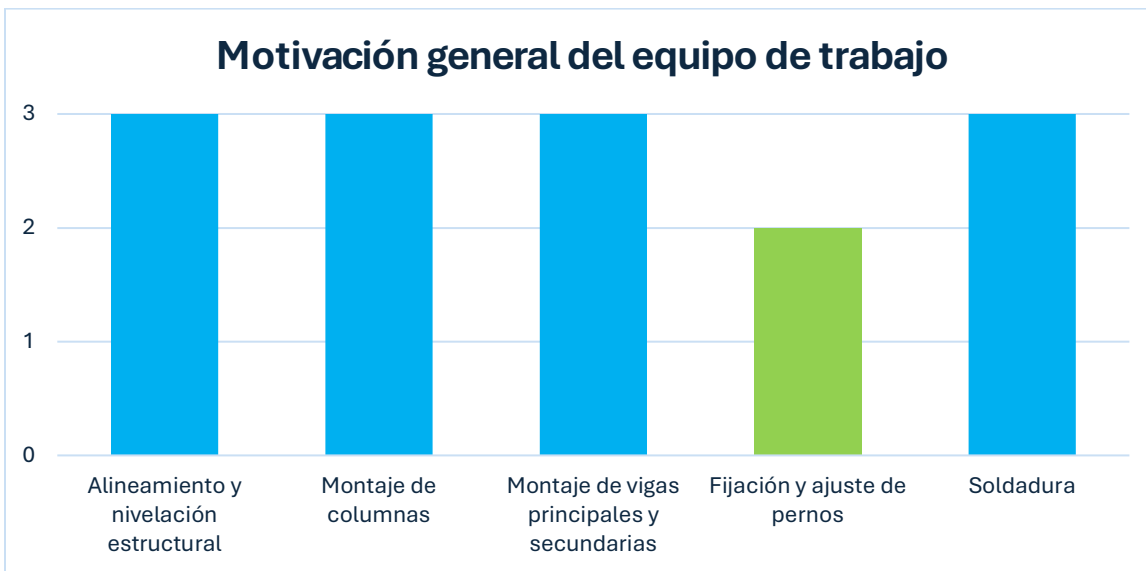


Ilustración 43. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

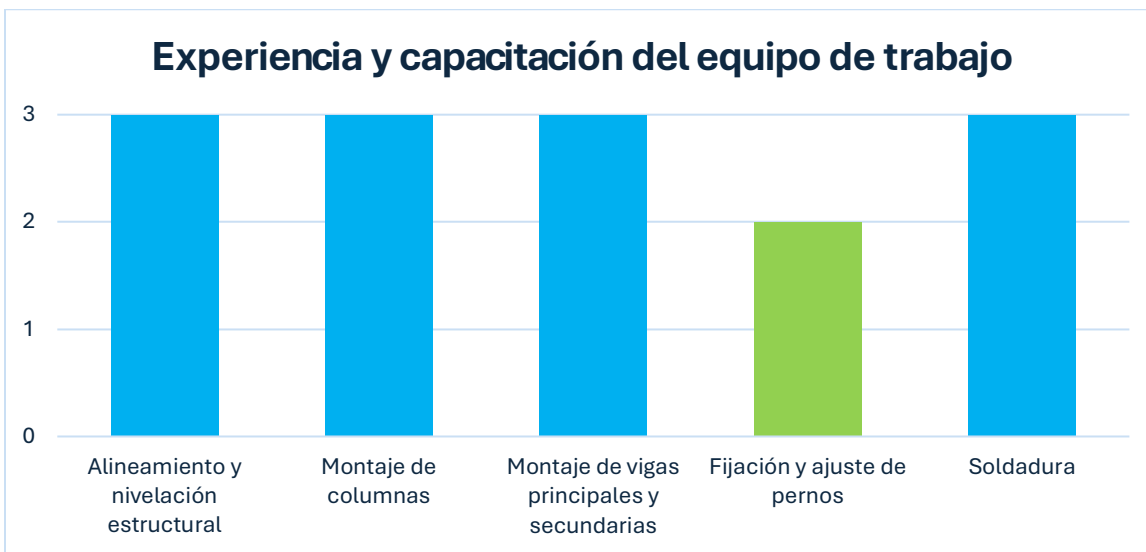


Ilustración 44. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 45. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

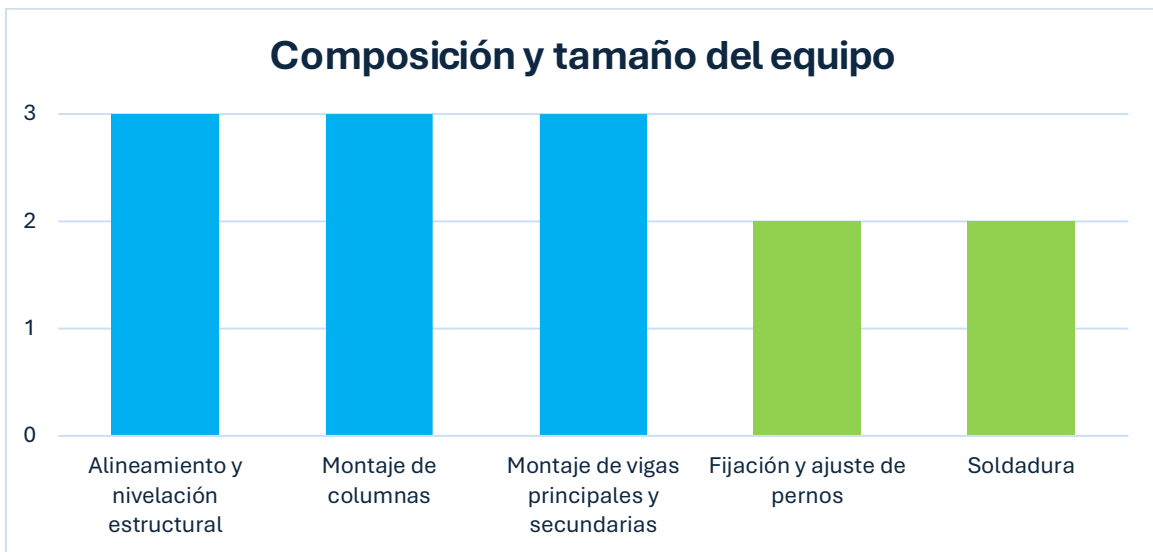


Ilustración 46. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel

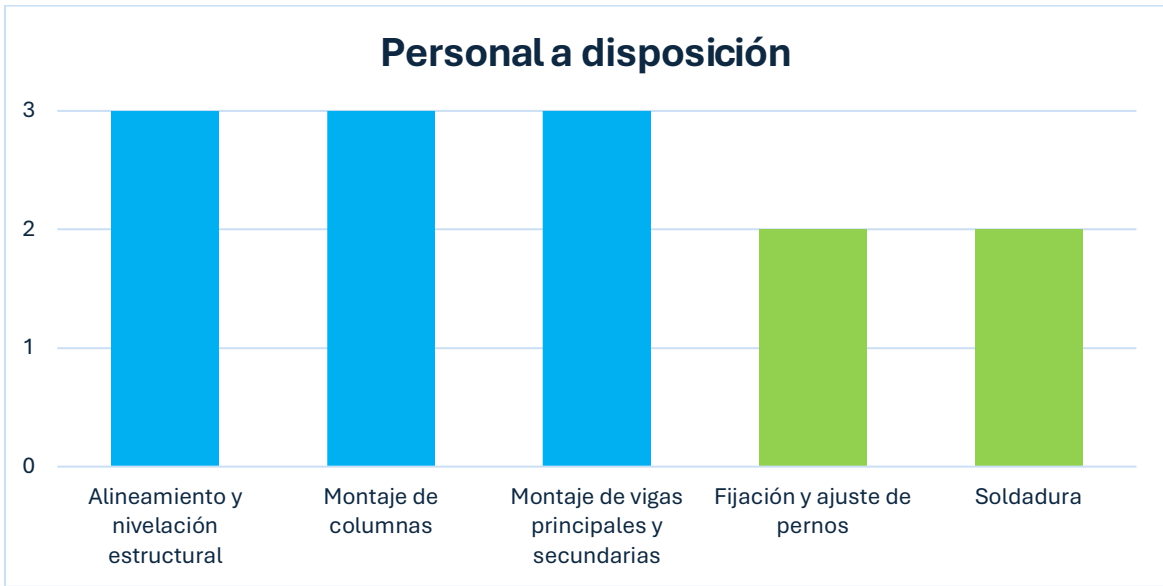


Ilustración 47. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

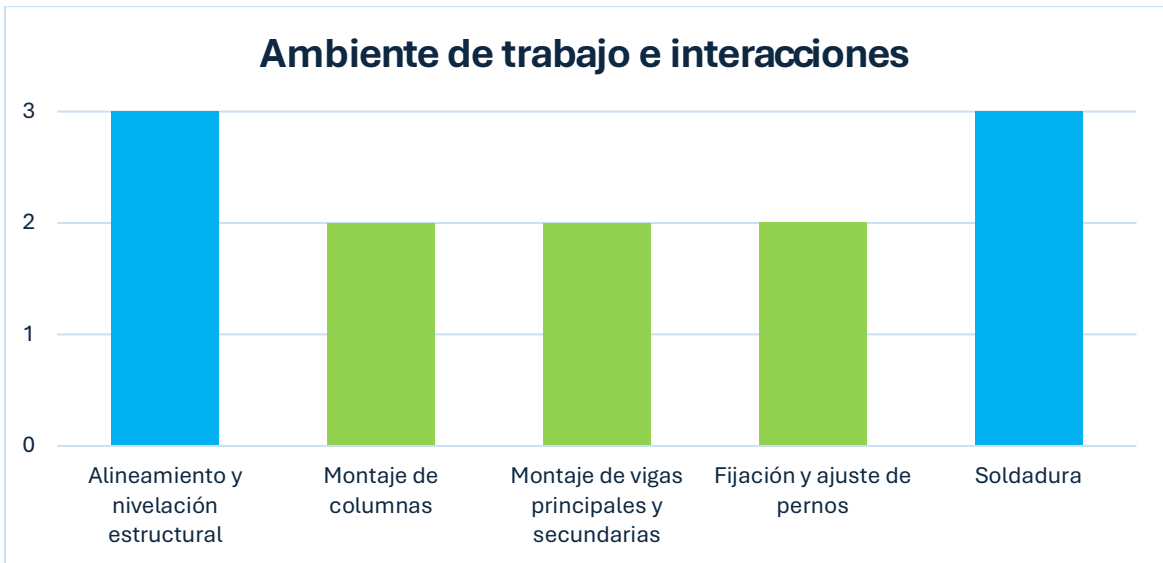


Ilustración 48. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

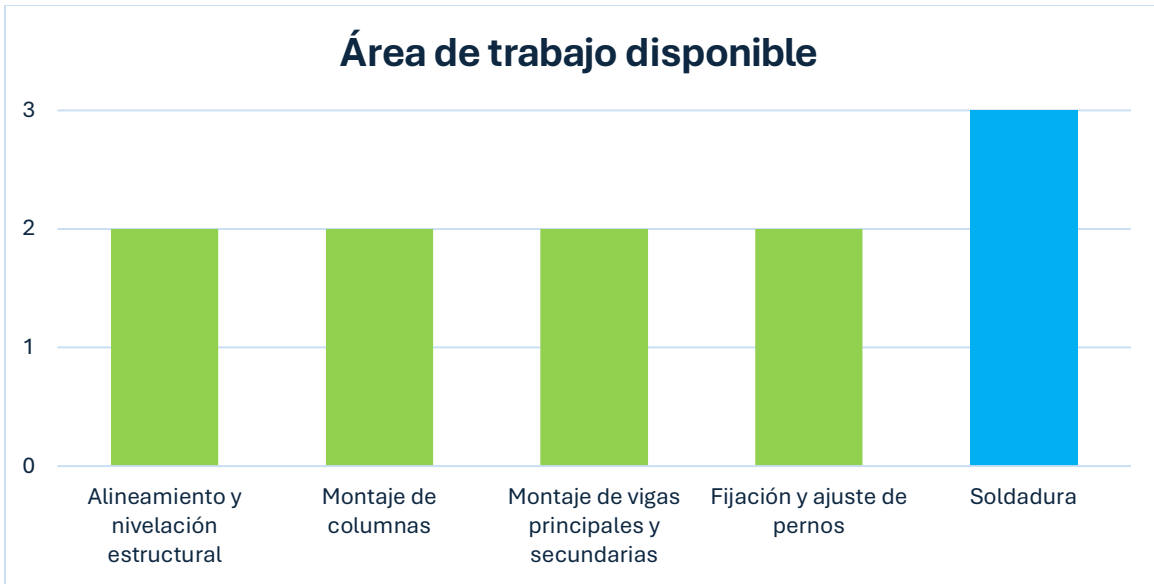


Ilustración 49. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

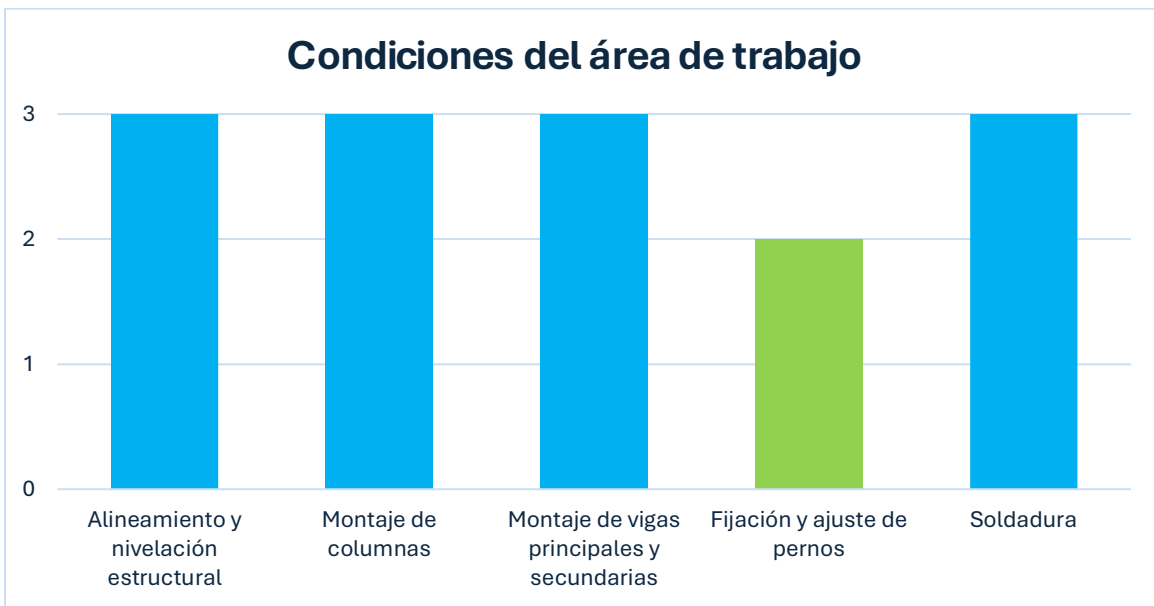


Ilustración 50. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

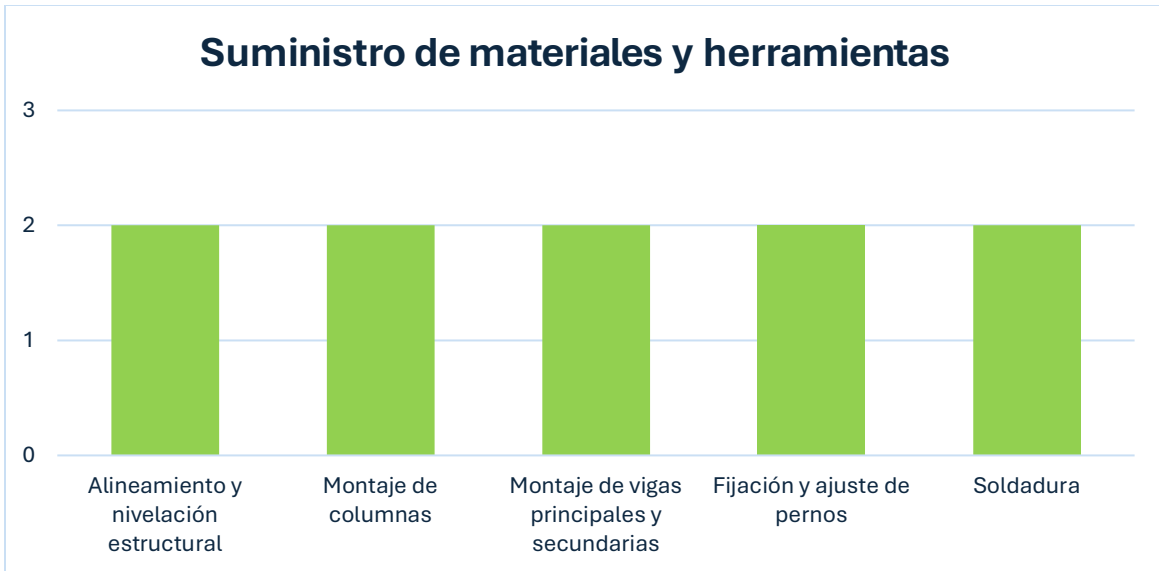


Ilustración 51. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

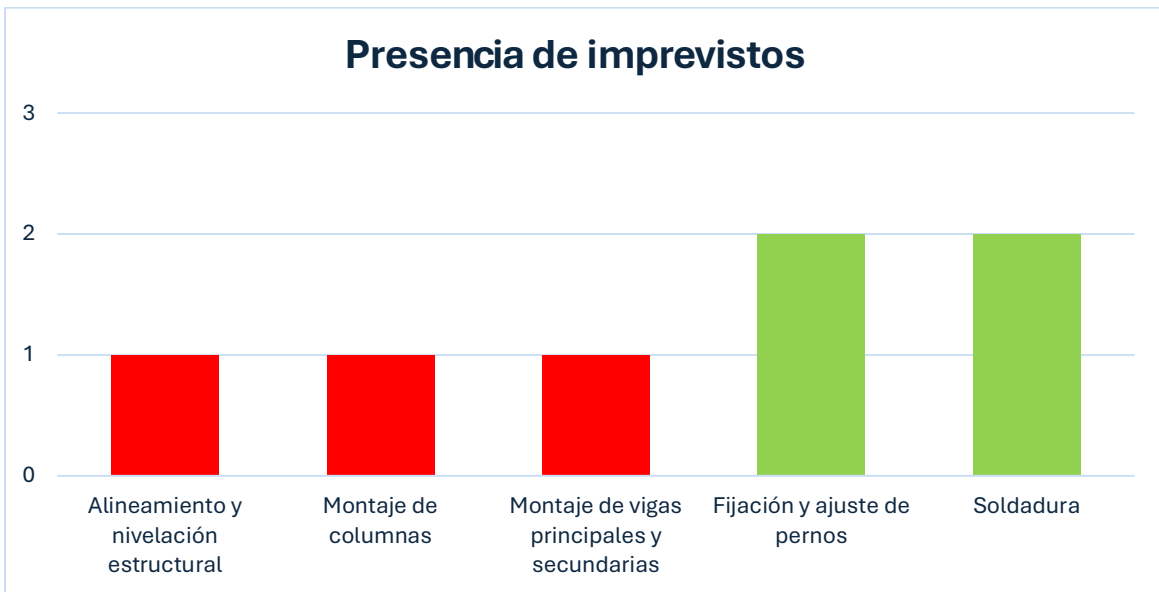


Ilustración 52. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

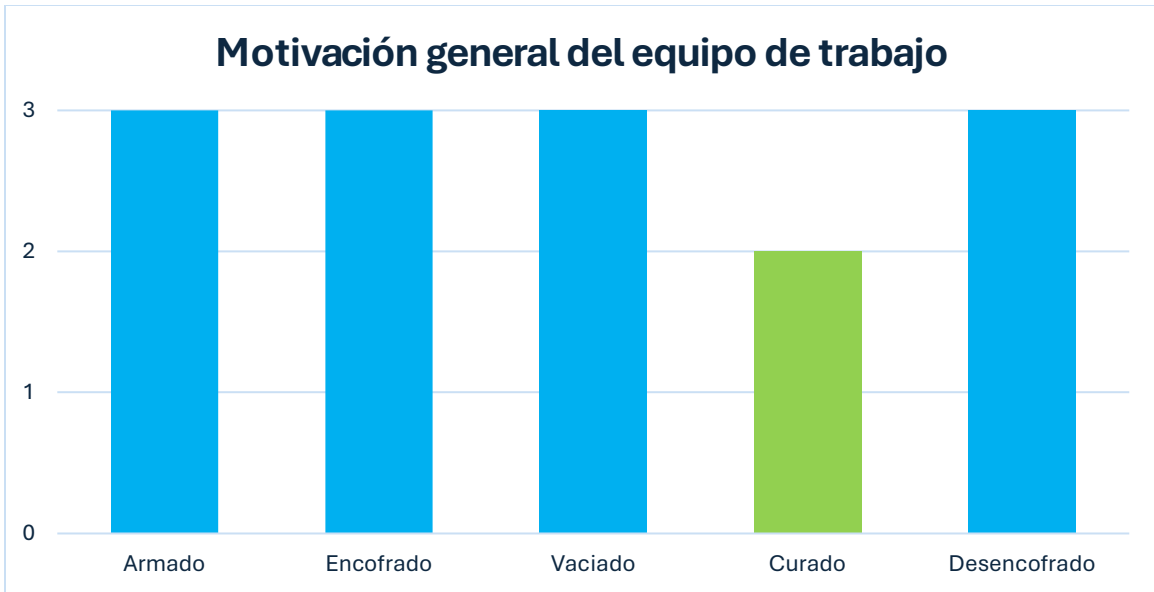


Ilustración 53. Pregunta 11

Fuente: Microsoft Excel

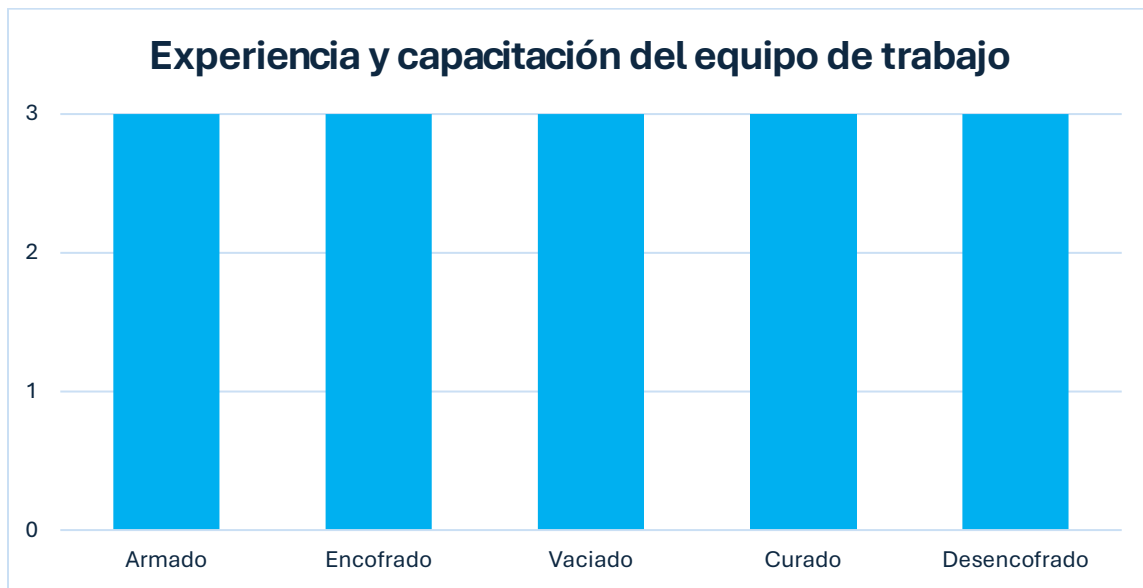


Ilustración 54. Pregunta 12

Fuente: Microsoft Excel

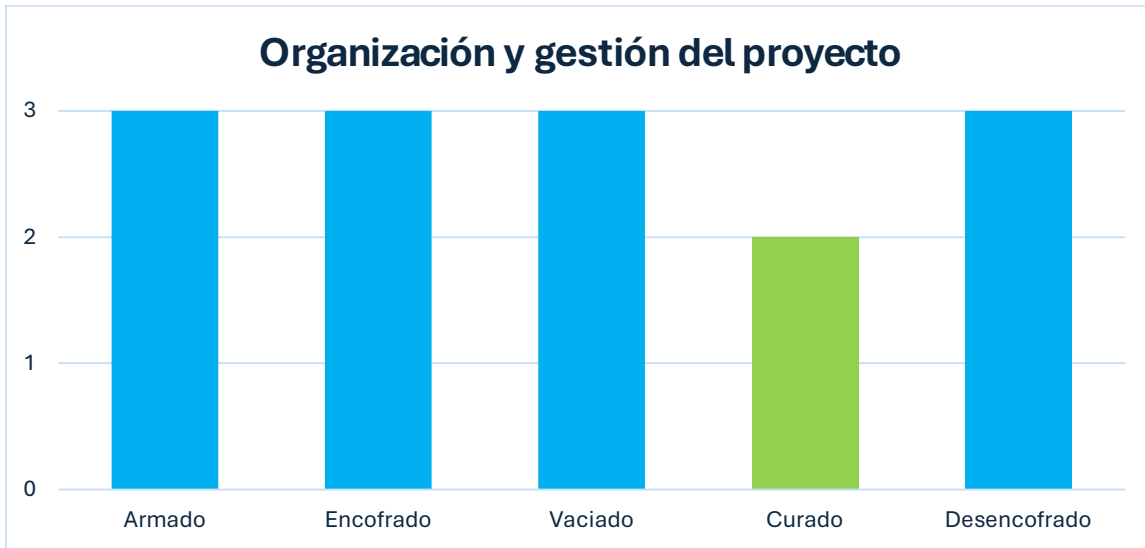


Ilustración 55. Pregunta 13

Fuente: Microsoft Excel

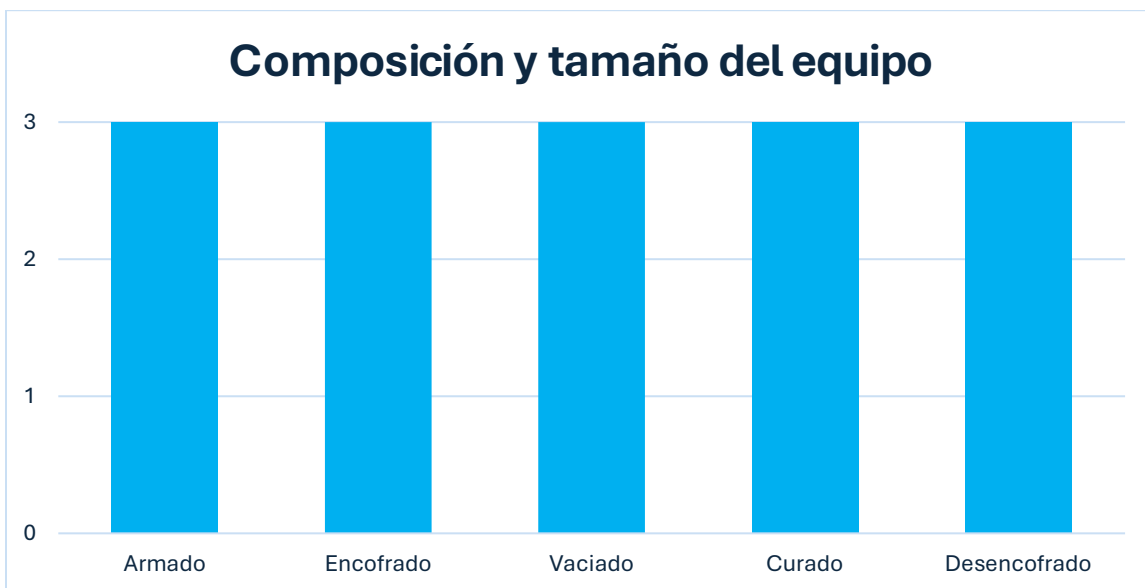


Ilustración 56. Pregunta 14

Fuente: Microsoft Excel

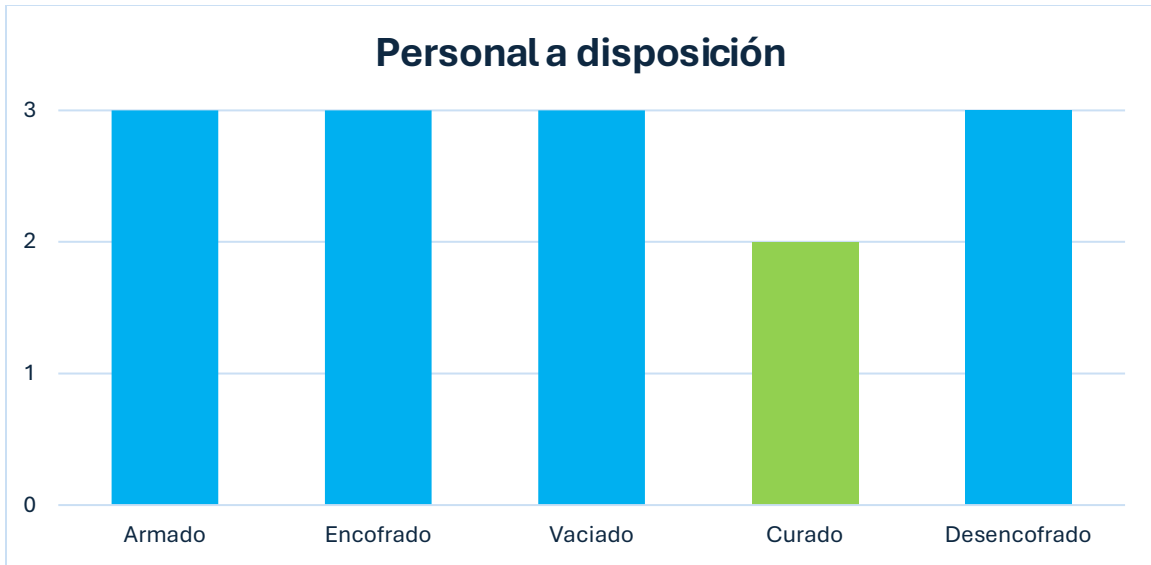


Ilustración 57. Pregunta 15

Fuente: Microsoft Excel

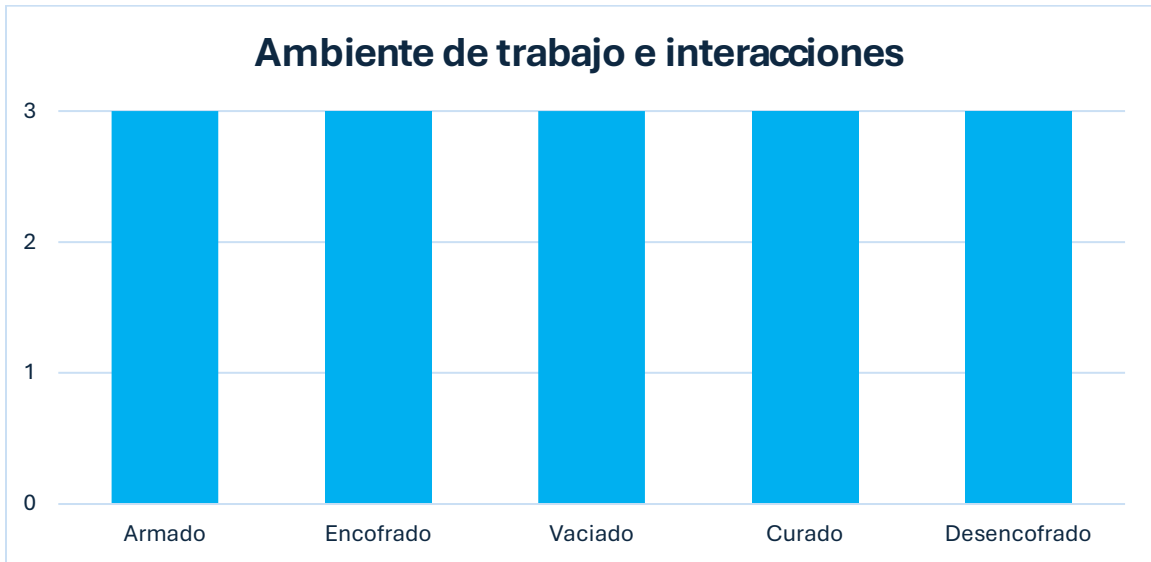


Ilustración 58. Pregunta 16

Fuente: Microsoft Excel

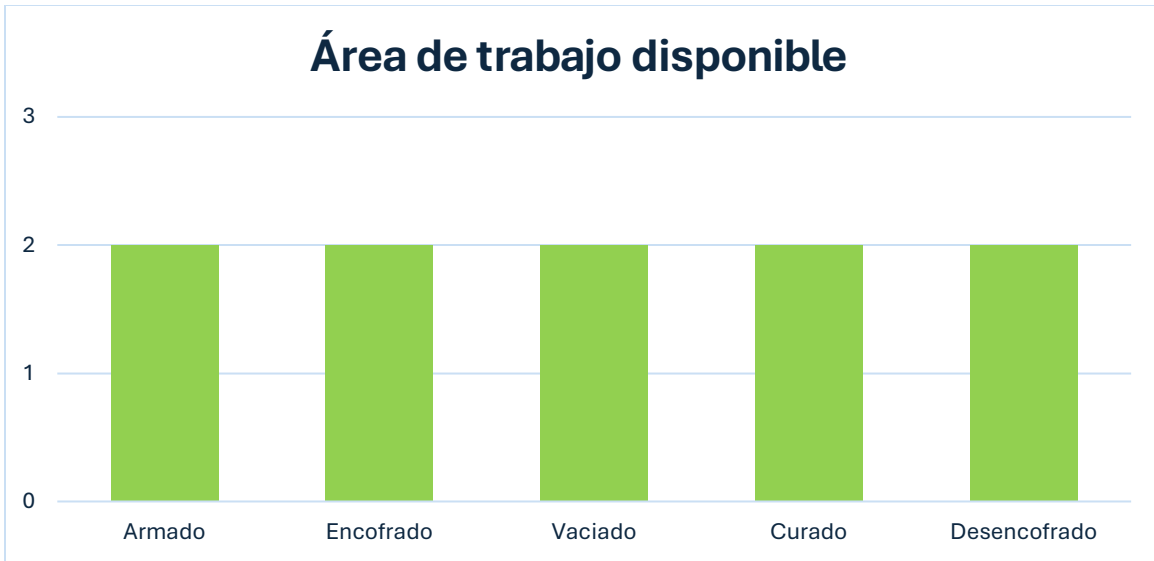


Ilustración 59. Pregunta 17

Fuente: Microsoft Excel

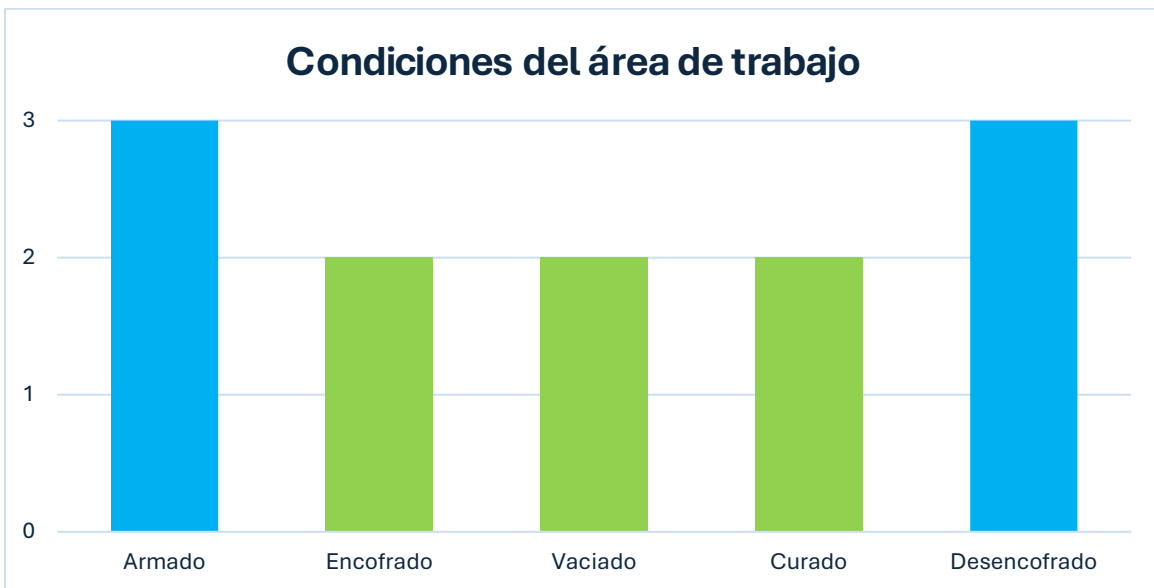


Ilustración 60. Pregunta 18

Fuente: Microsoft Excel

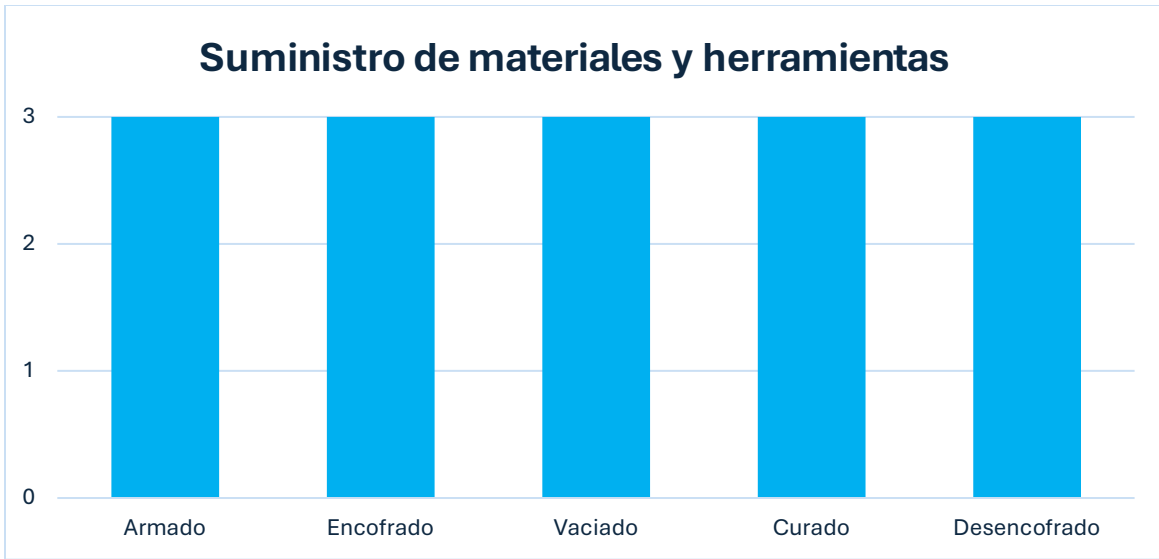


Ilustración 61. Pregunta 19

Fuente: Microsoft Excel

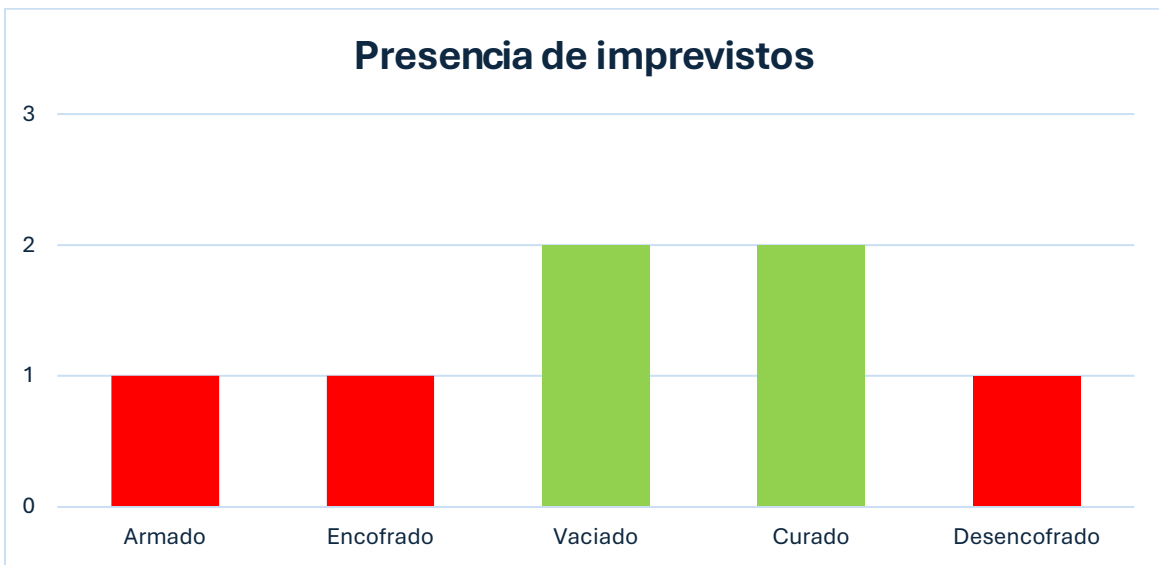


Ilustración 62. Pregunta 20

Fuente: Microsoft Excel

BOTANIQO

Ubicación: Av. Interoceánica y Av. María Angelica Idrovo, Quito 170902

Tipo de construcción: Hormigón

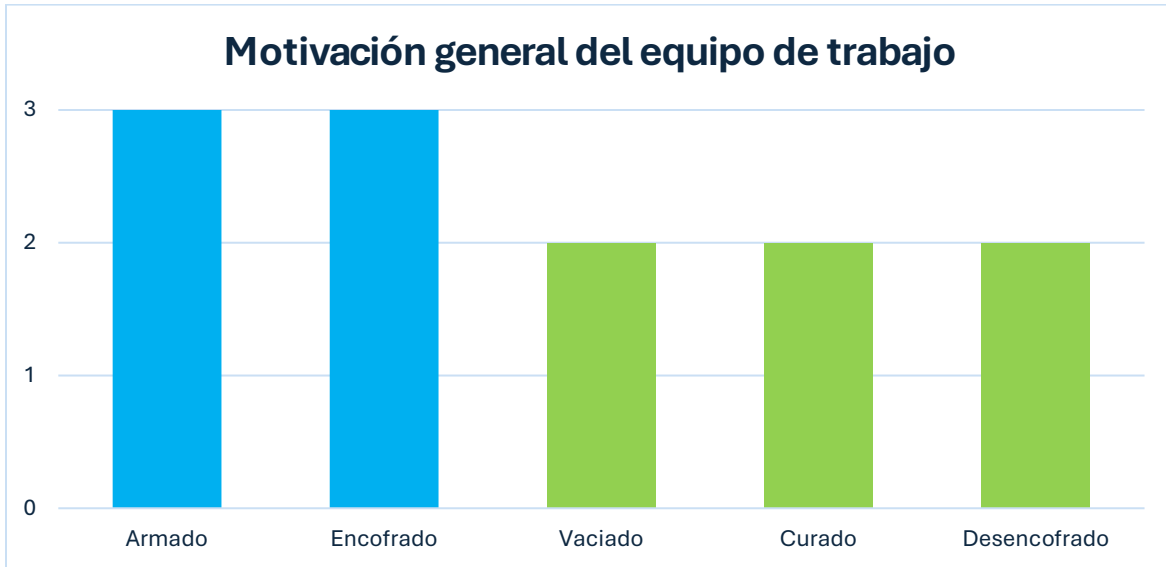


Ilustración 63. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

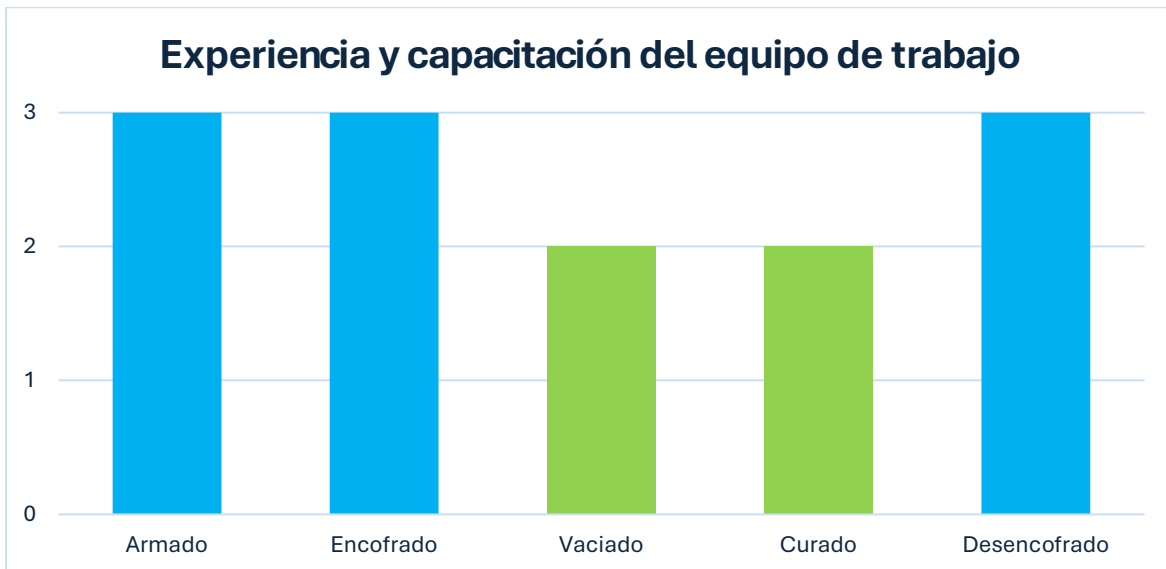


Ilustración 64. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

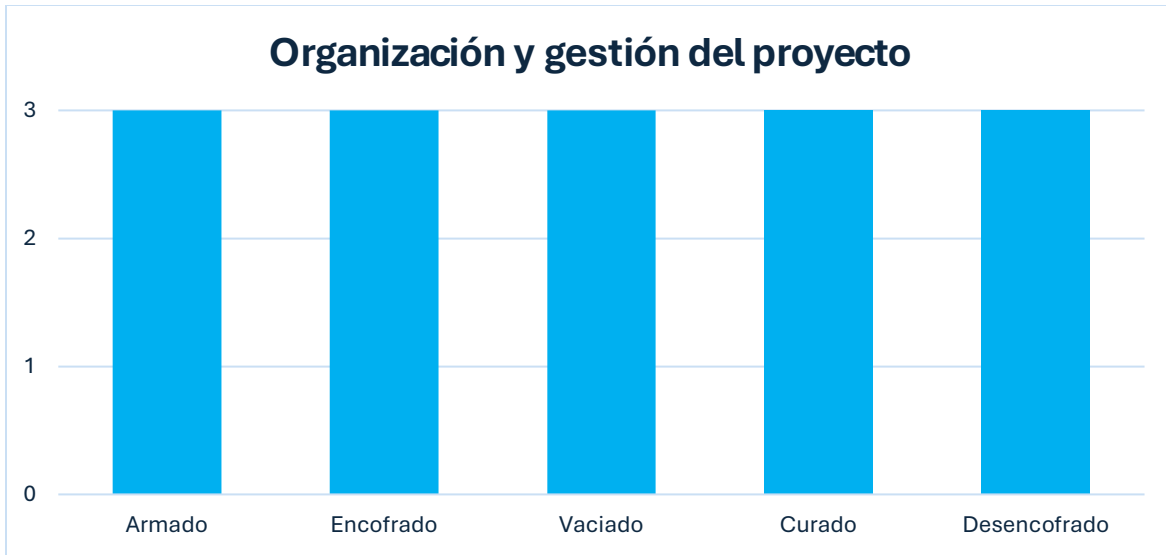


Ilustración 65. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

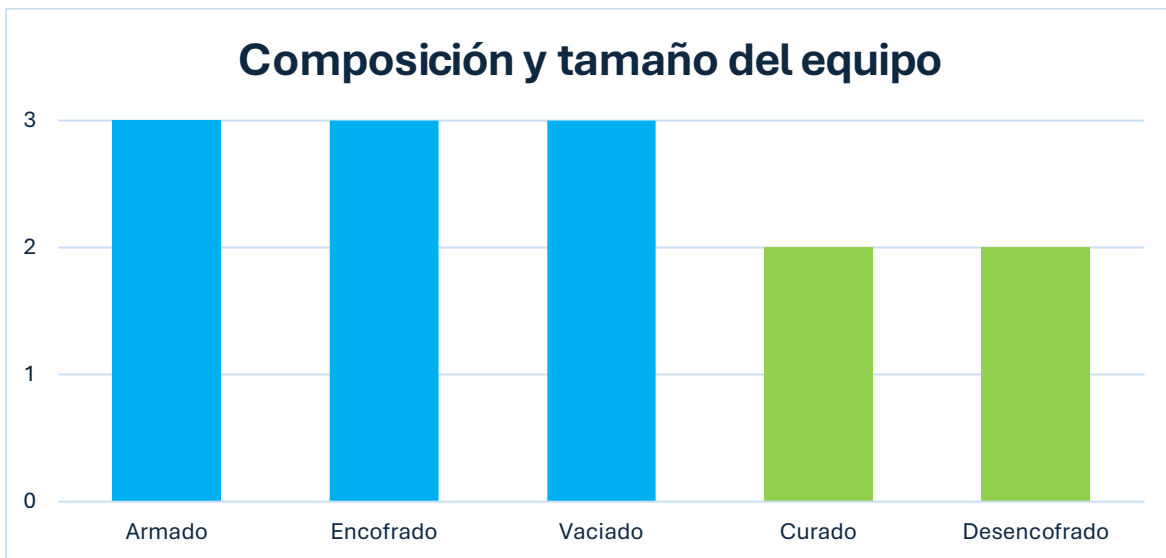


Ilustración 66. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 67. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

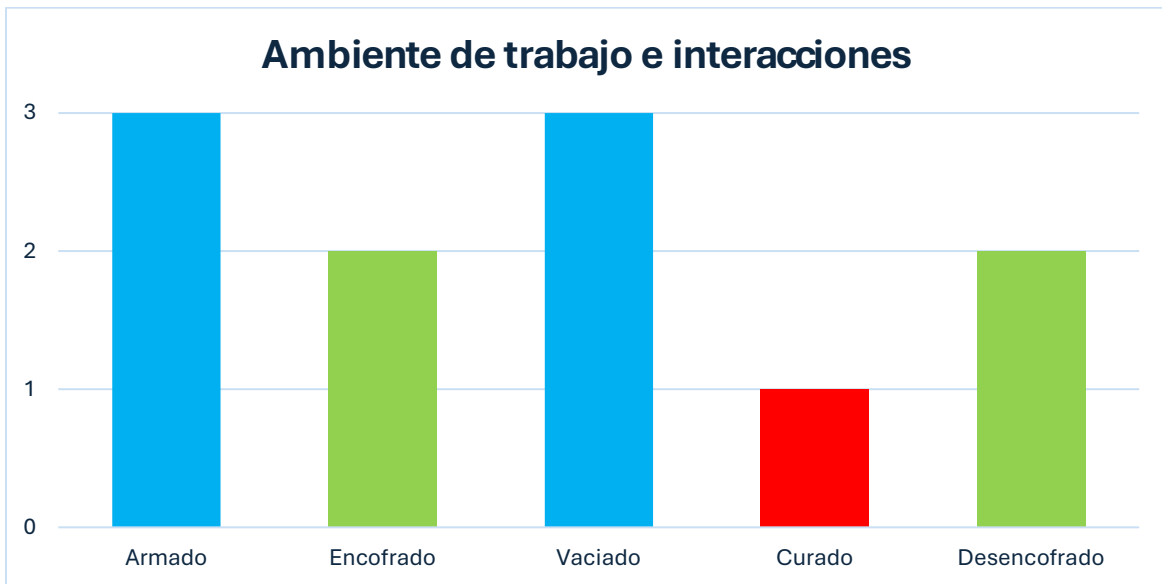


Ilustración 68. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

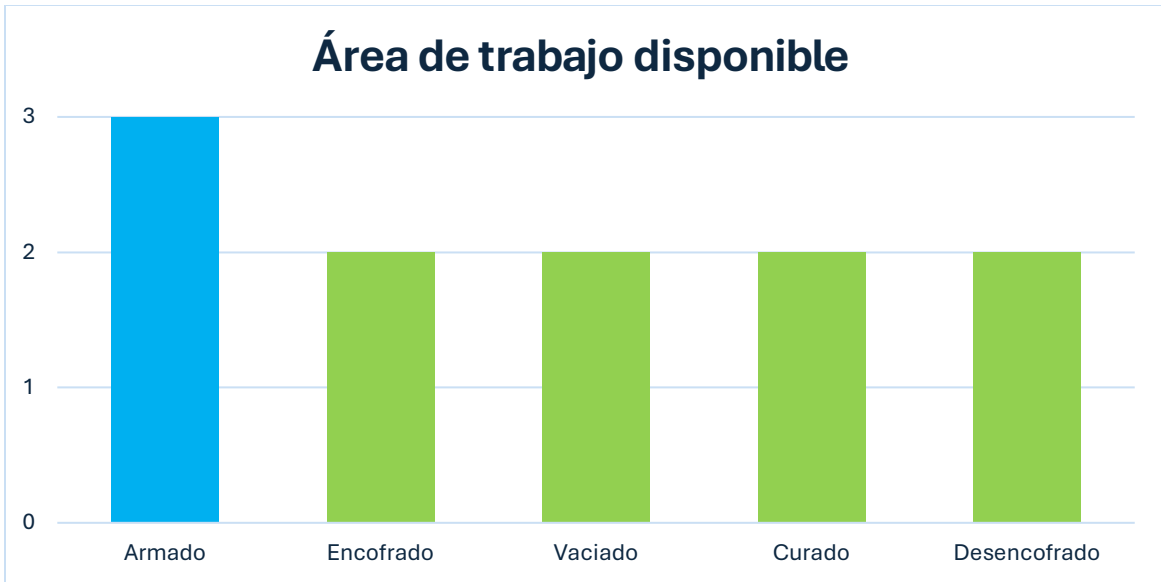


Ilustración 69. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

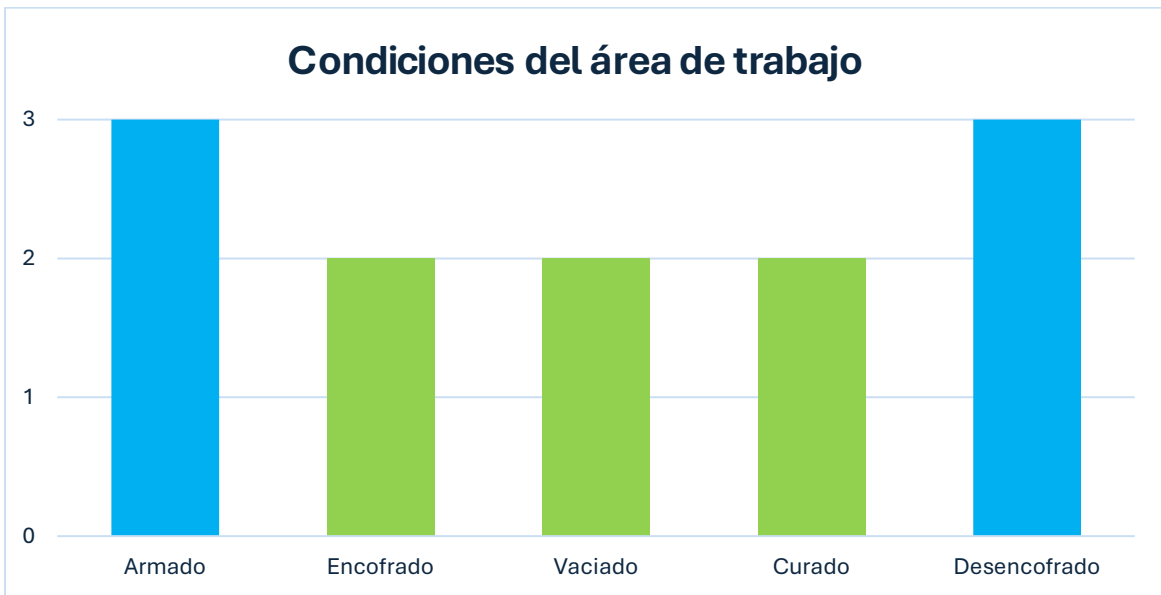


Ilustración 70. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

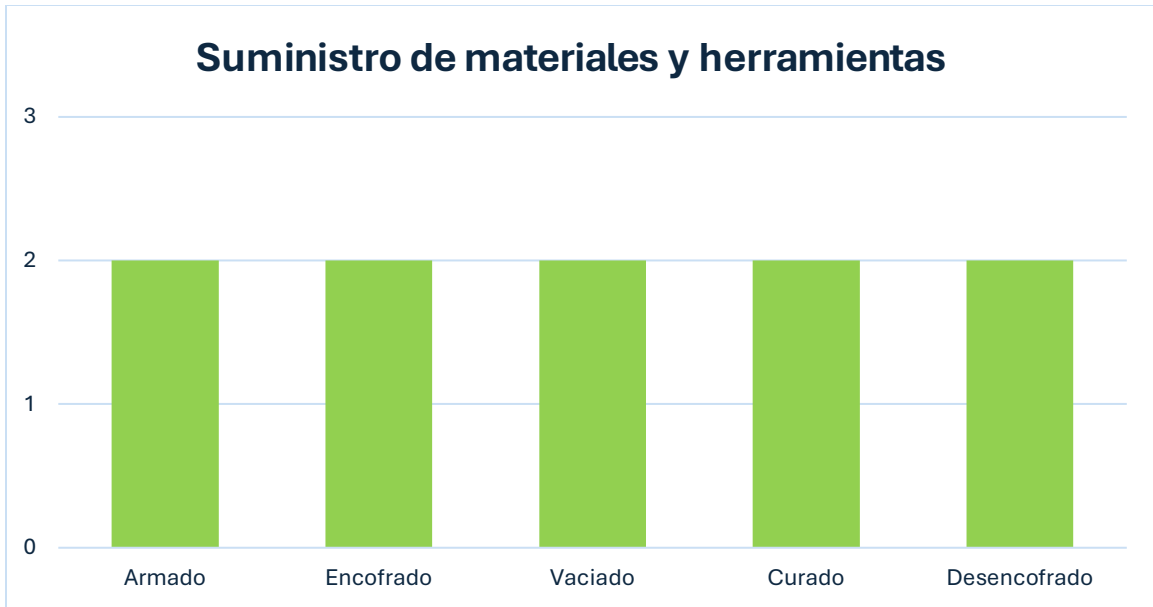


Ilustración 71. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

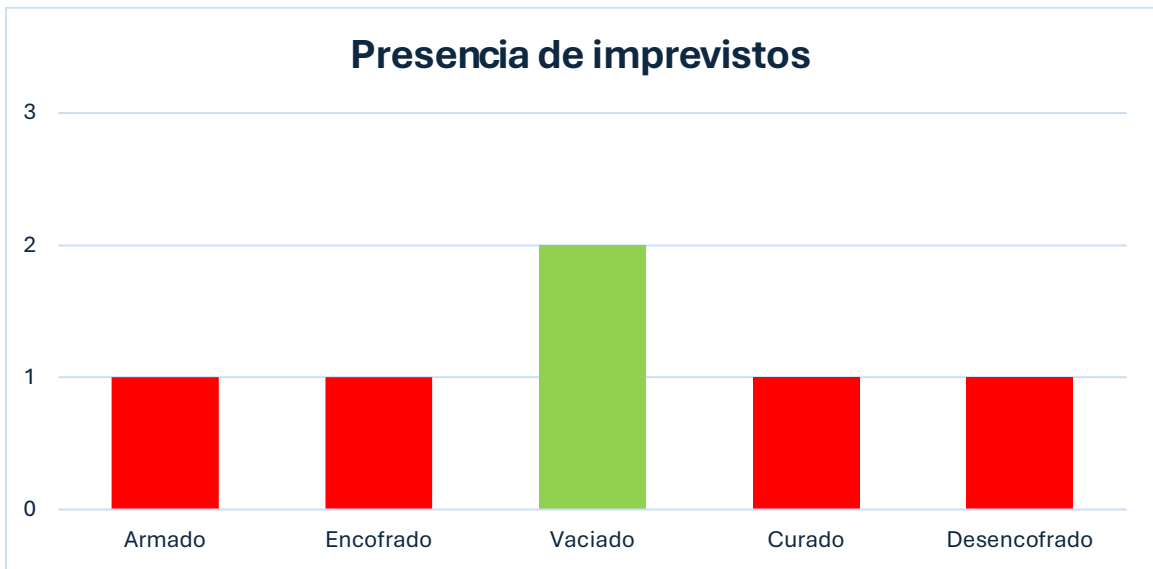


Ilustración 72. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

PLAZA DEL PARQUE

Ubicación: Av. Francisco de Orellana, y, Quito

Tipo de construcción: Mixta

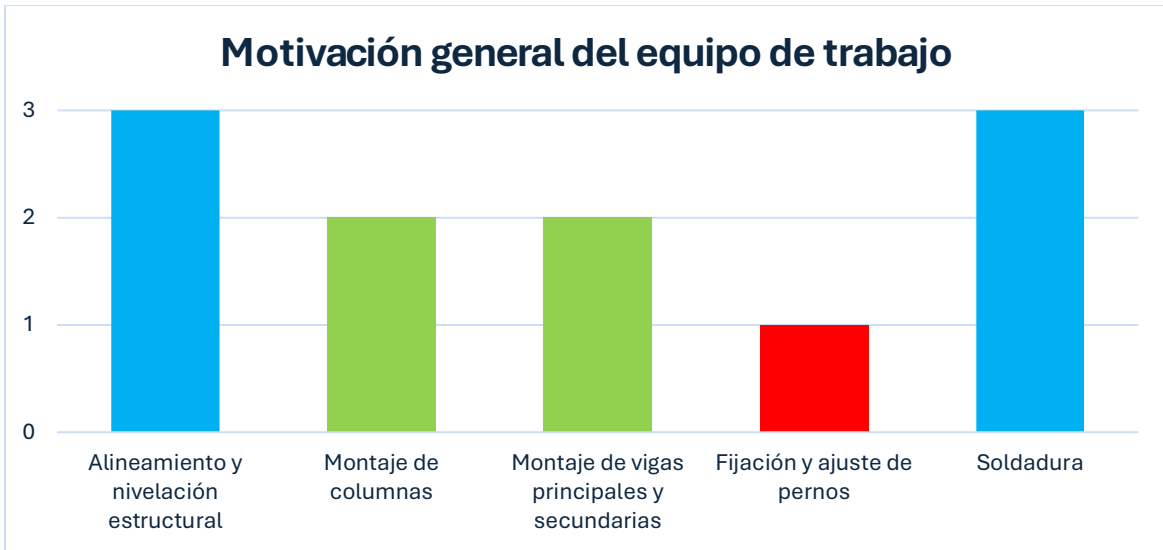


Ilustración 73. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

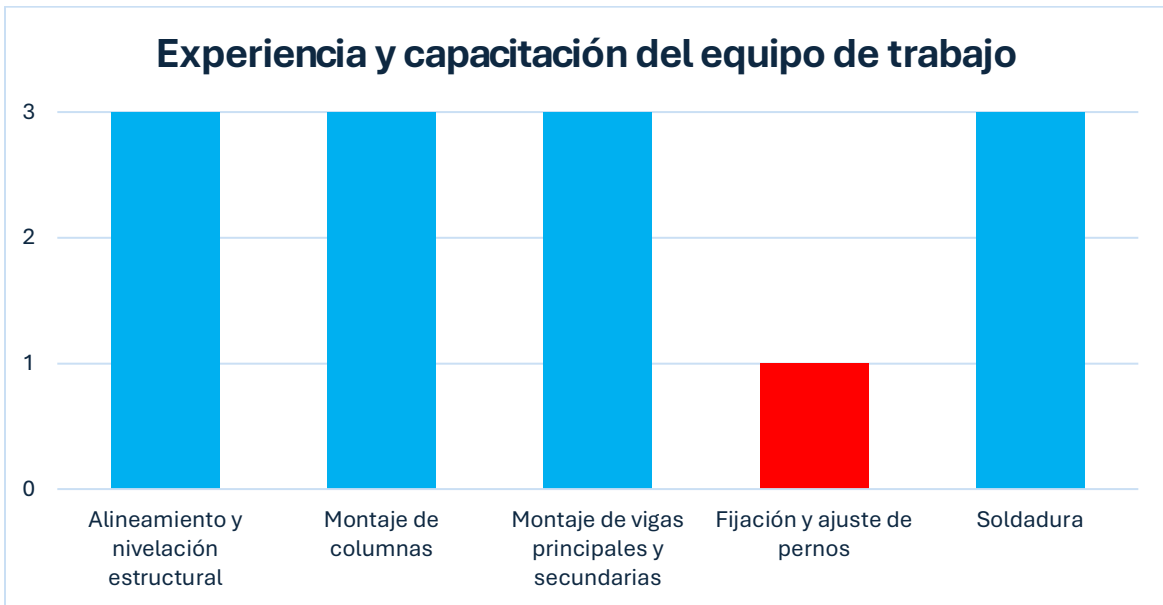


Ilustración 74. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

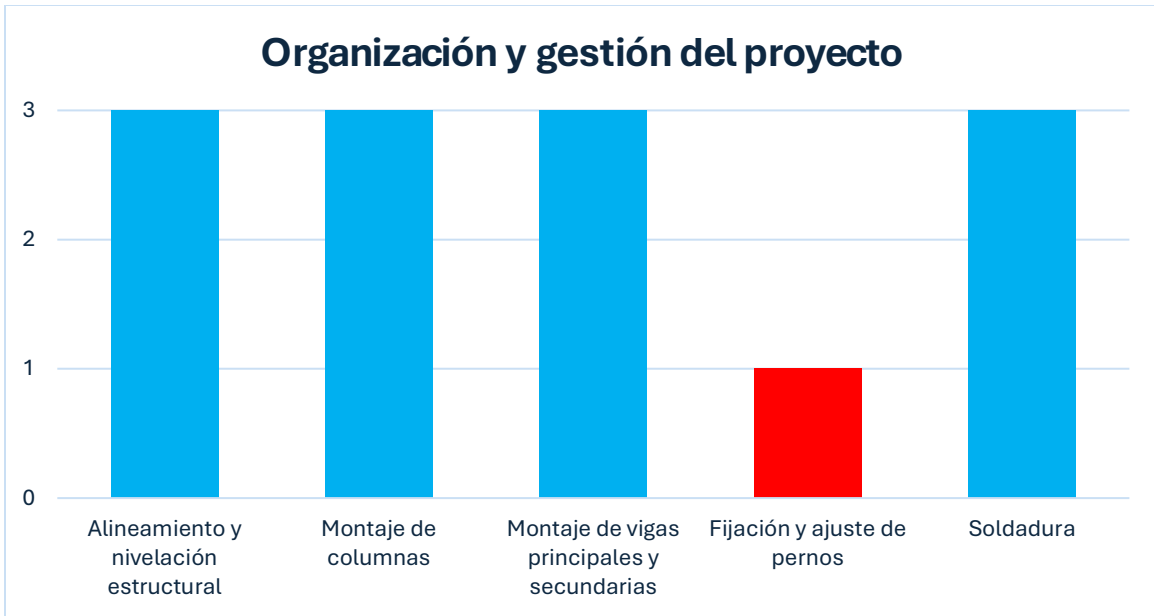


Ilustración 75. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

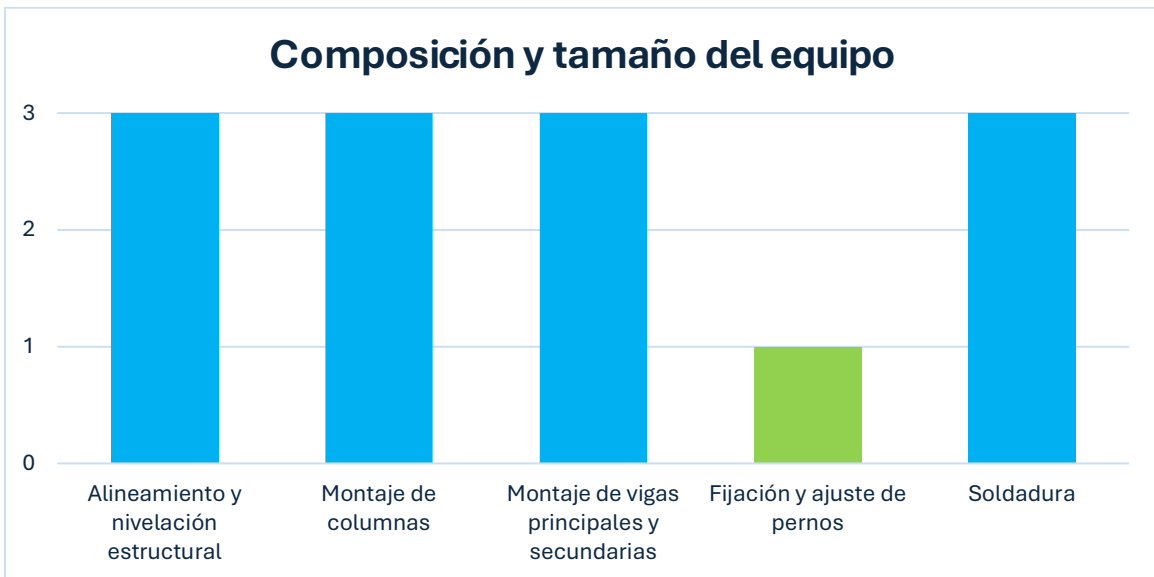


Ilustración 76. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel

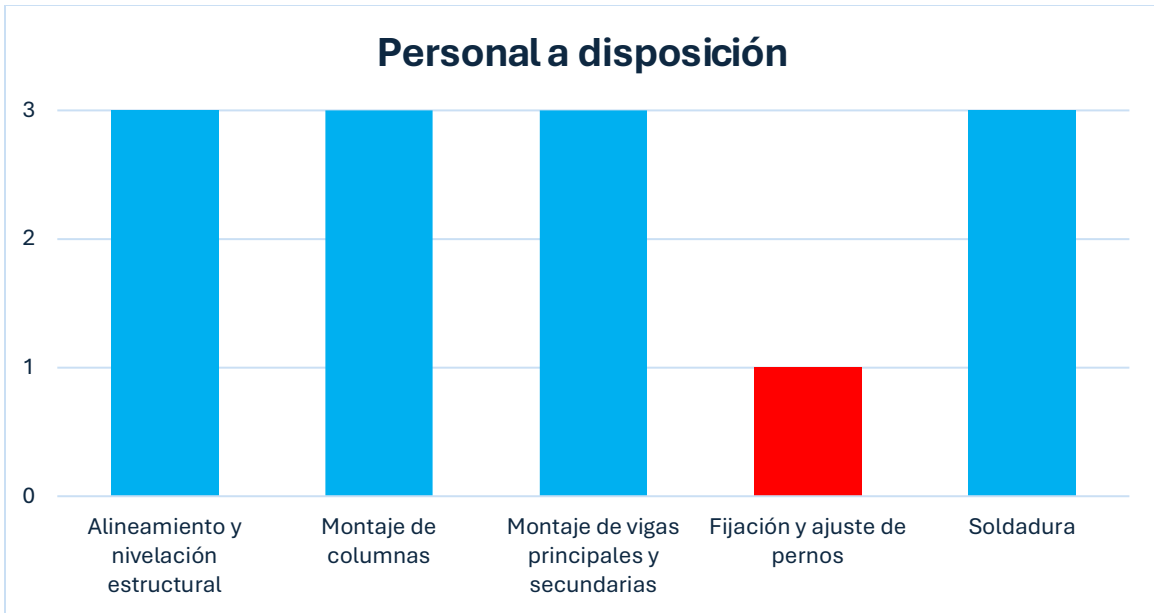


Ilustración 77. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

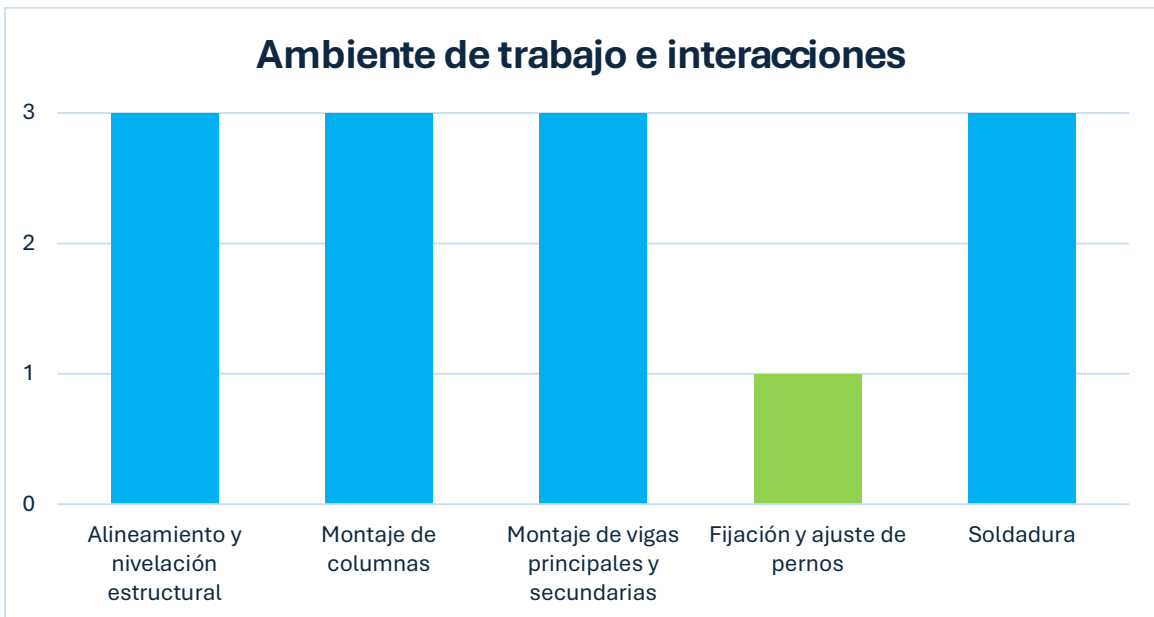


Ilustración 78. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

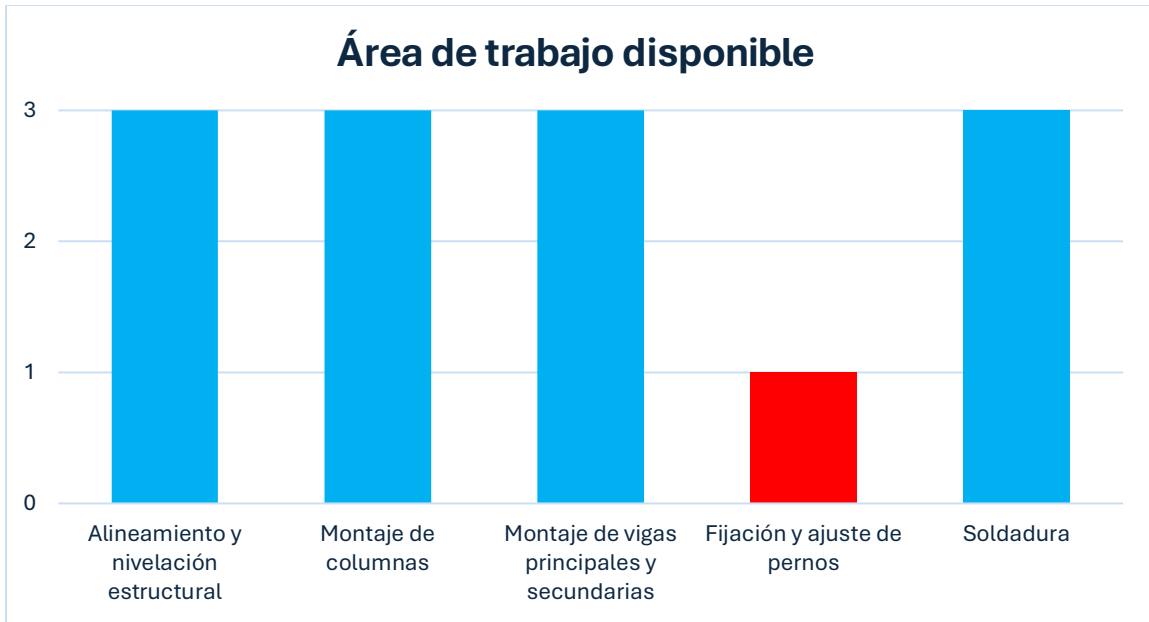


Ilustración 79. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

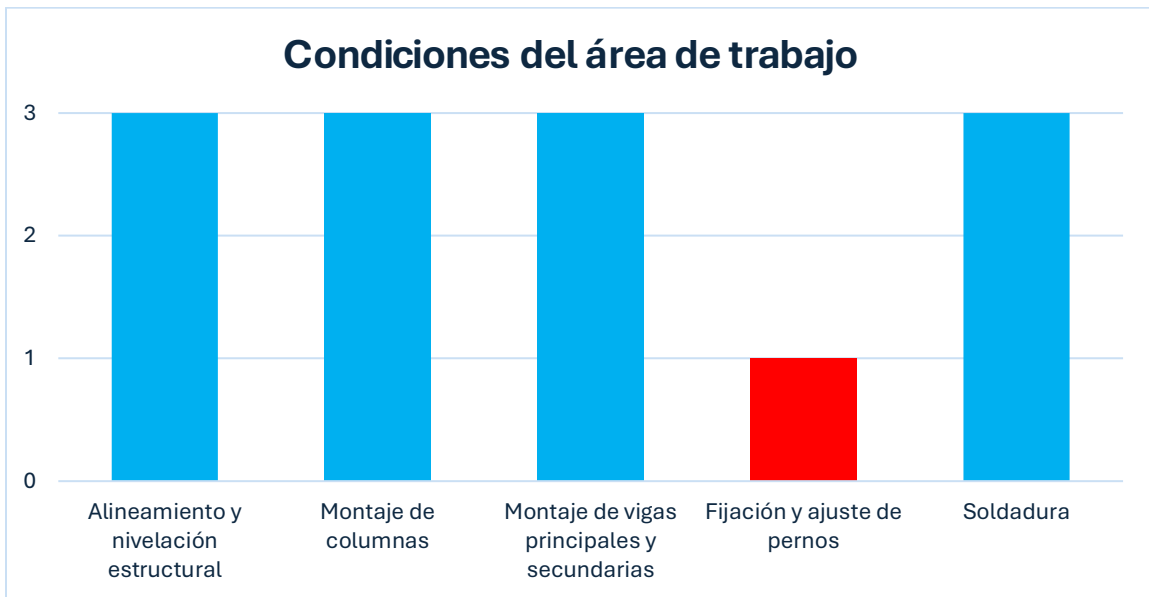


Ilustración 80. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

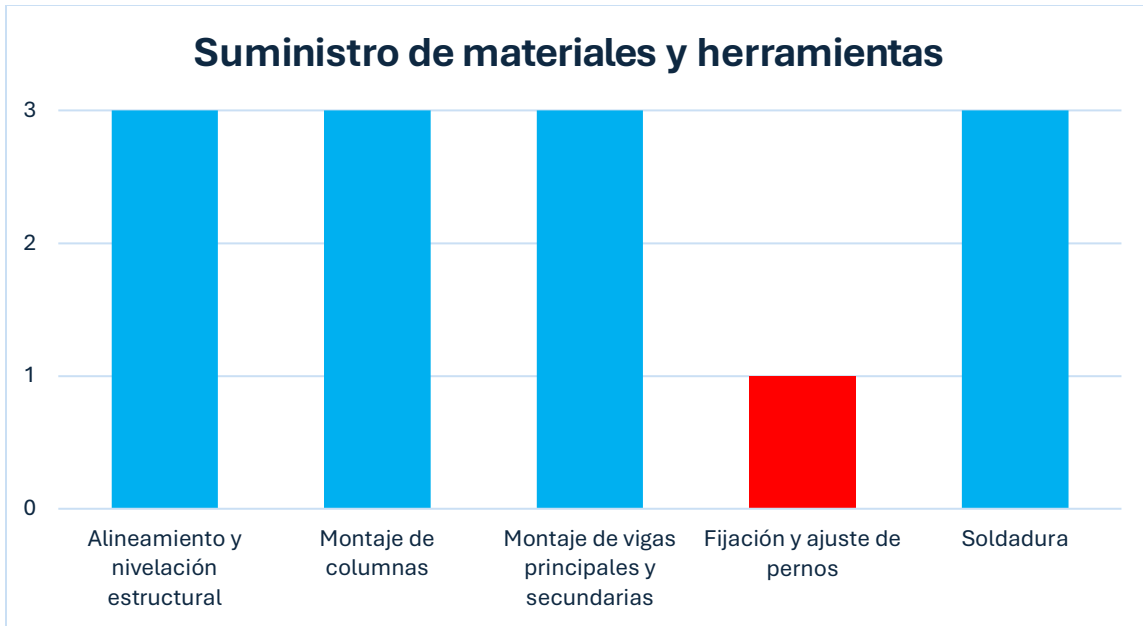


Ilustración 81. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

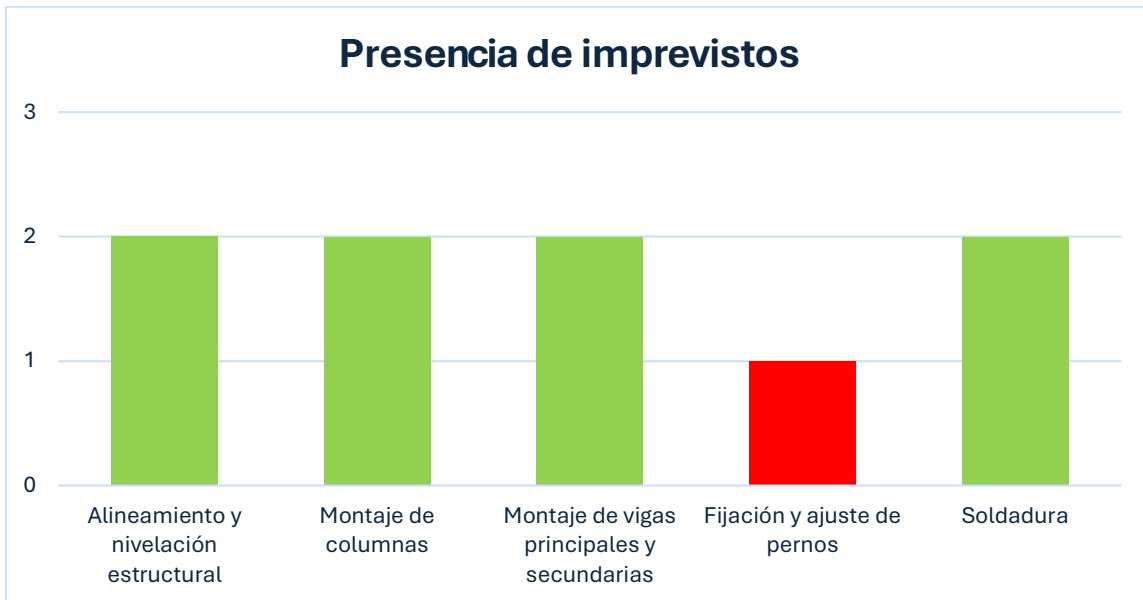


Ilustración 82. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

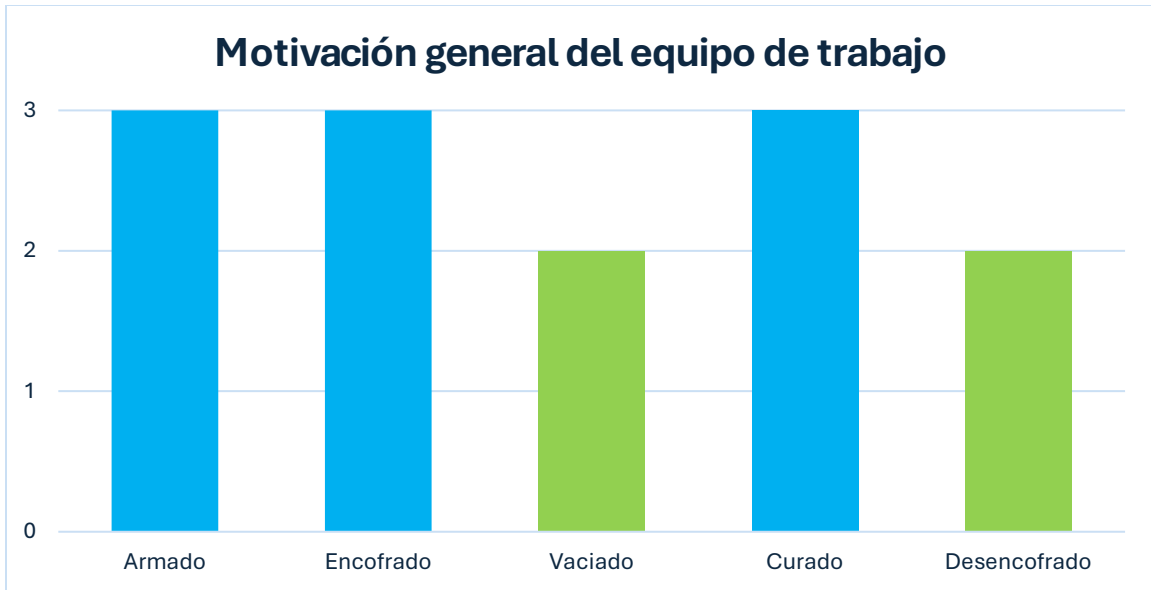


Ilustración 83. Pregunta 11

Fuente: Microsoft Excel

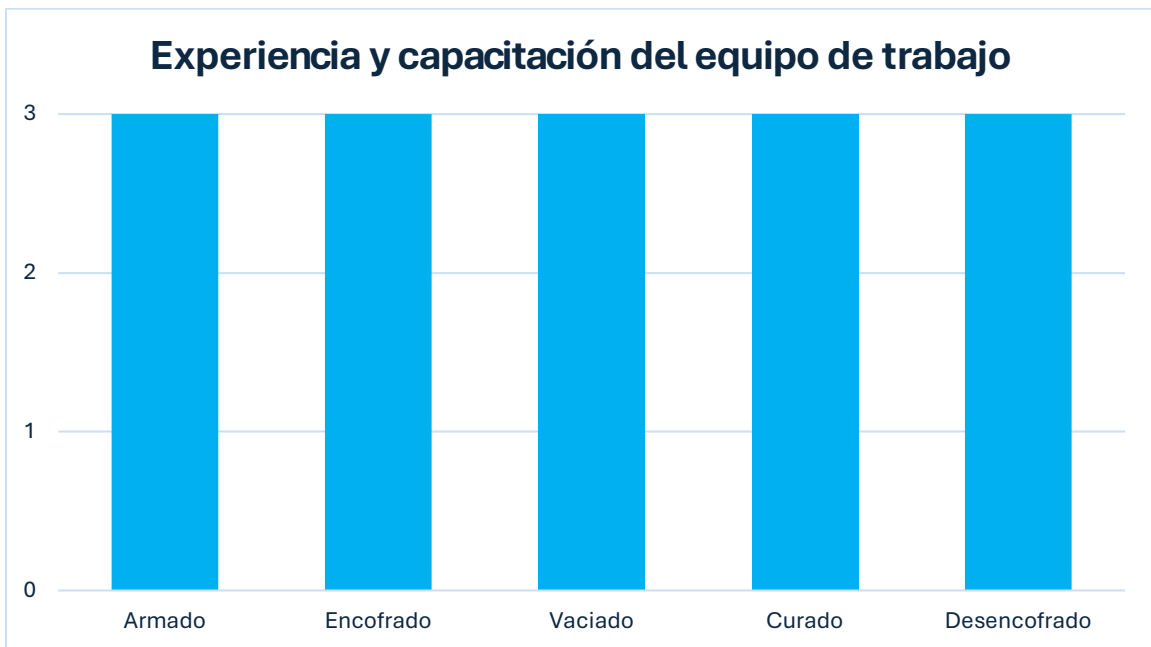


Ilustración 84. Pregunta 12

Fuente: Microsoft Excel

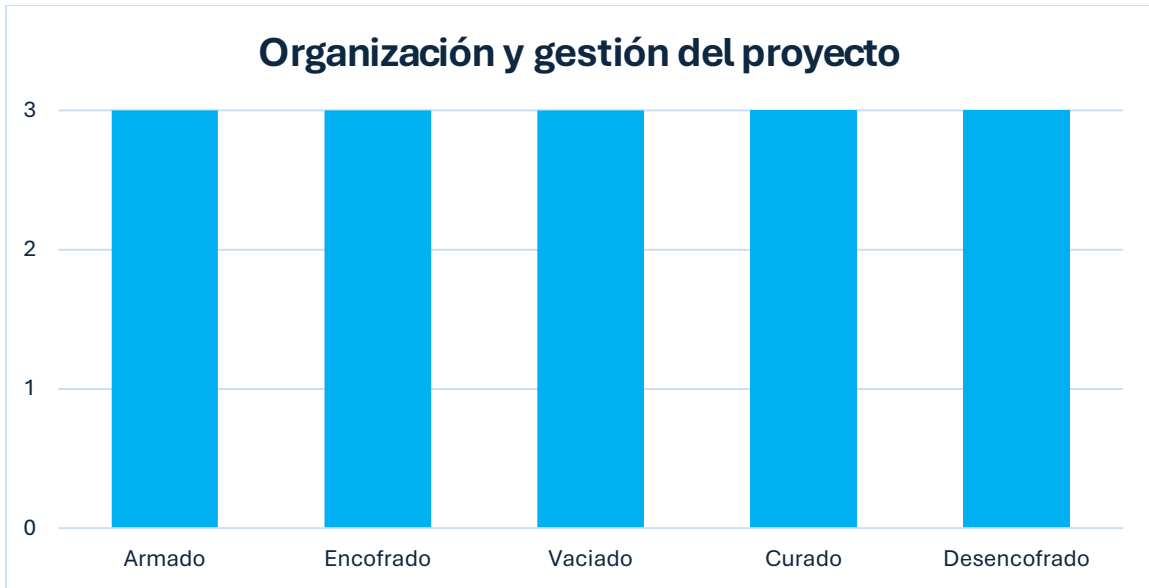


Ilustración 85. Pregunta 13

Fuente: Microsoft Excel

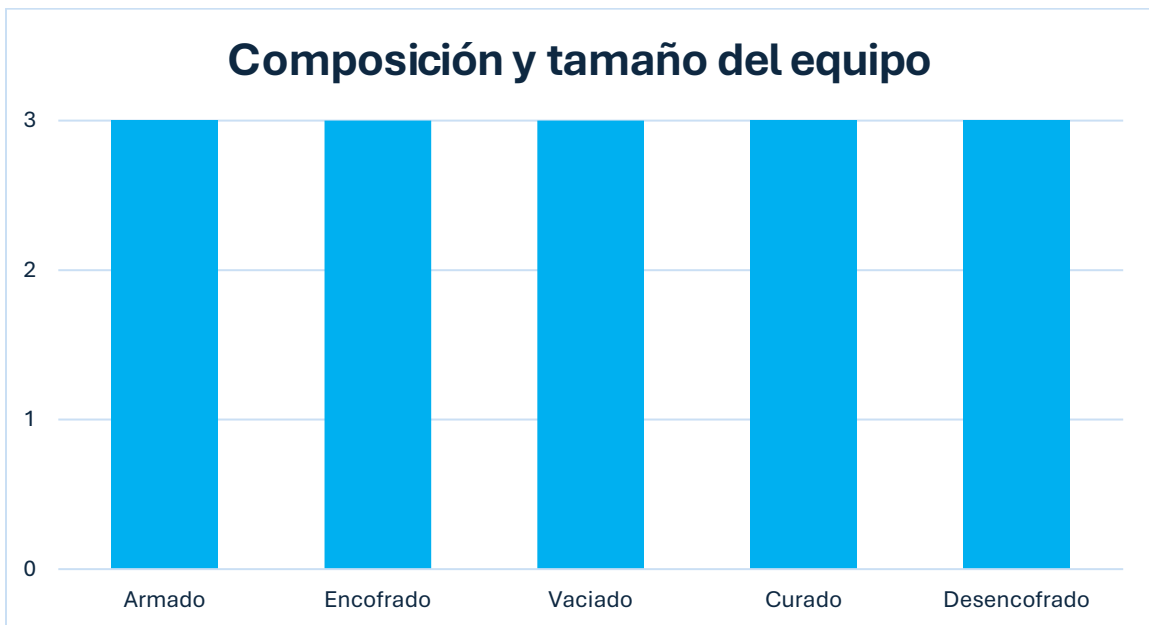


Ilustración 86. Pregunta 14

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 87. Pregunta 15

Fuente: Microsoft Excel

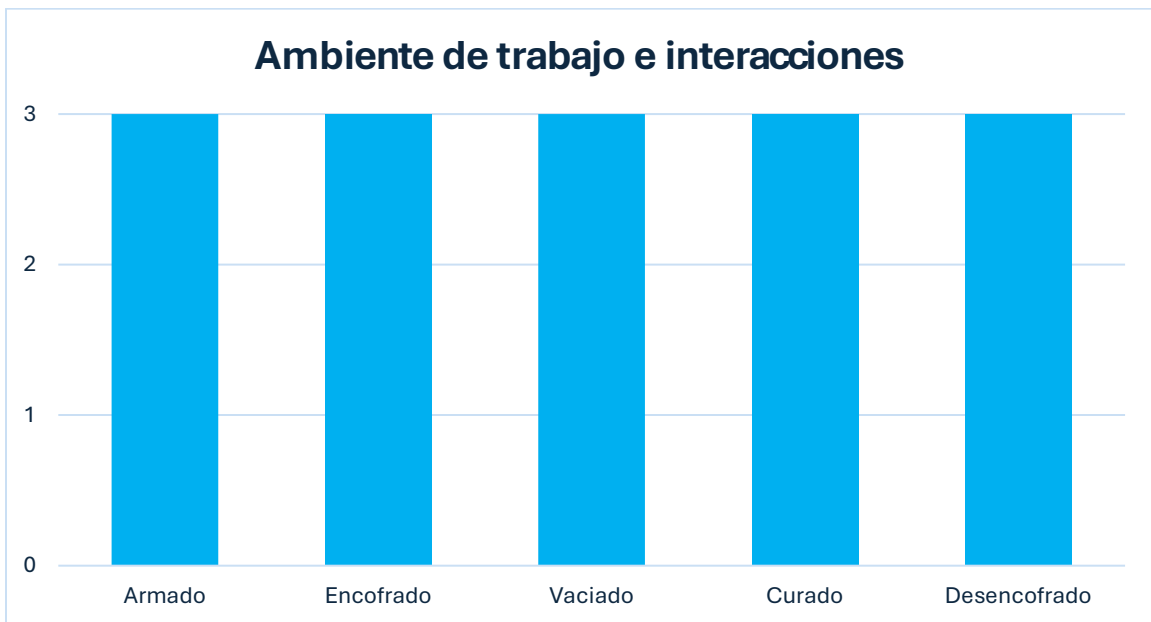


Ilustración 88. Pregunta 16

Fuente: Microsoft Excel

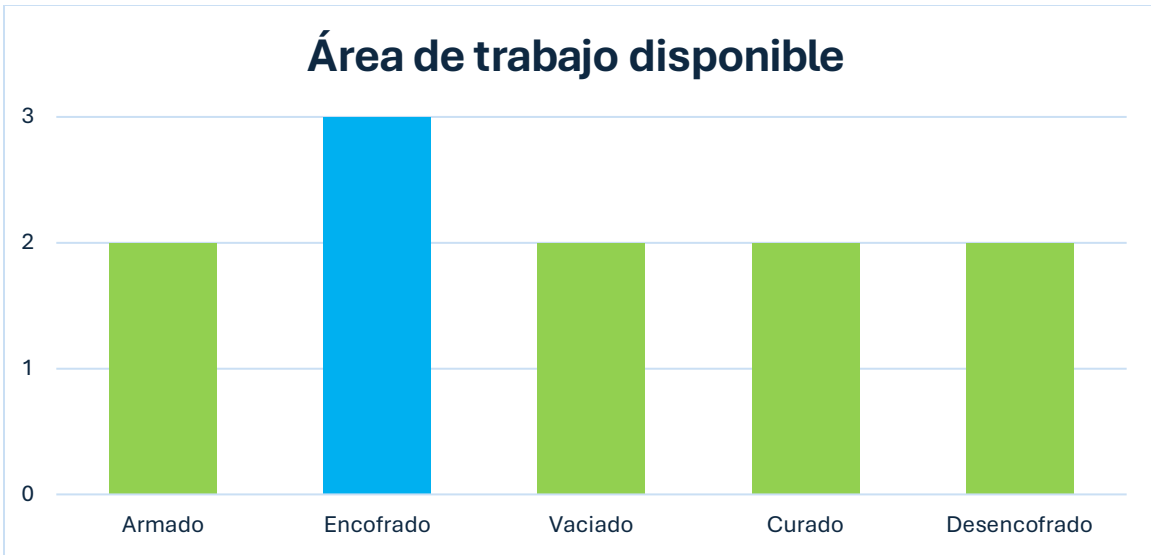


Ilustración 89. Pregunta 17

Fuente: Microsoft Excel

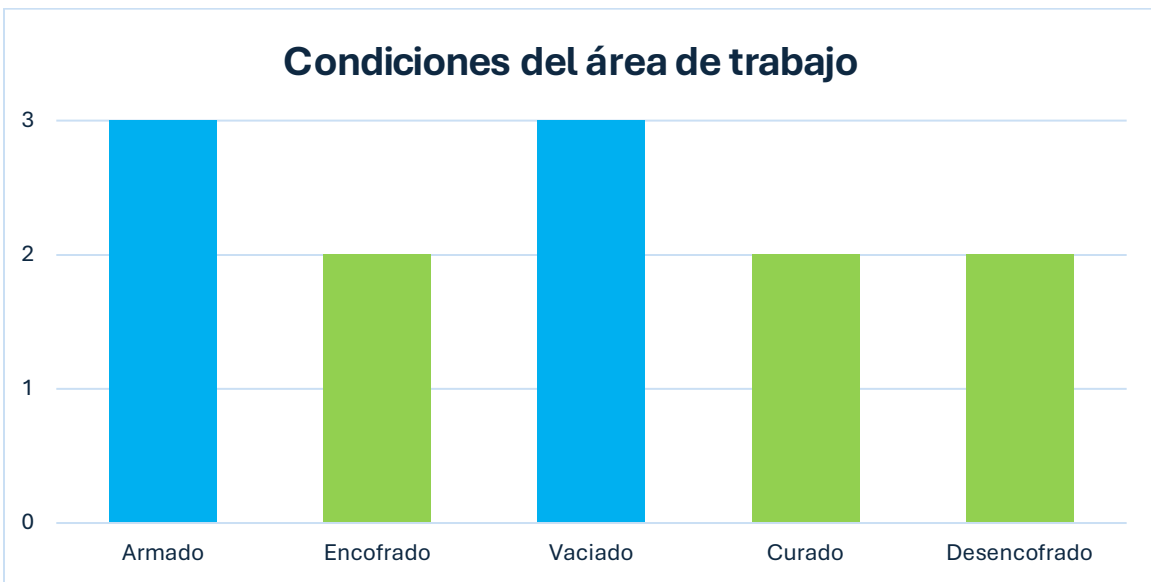


Ilustración 90. Pregunta 18

Fuente: Microsoft Excel

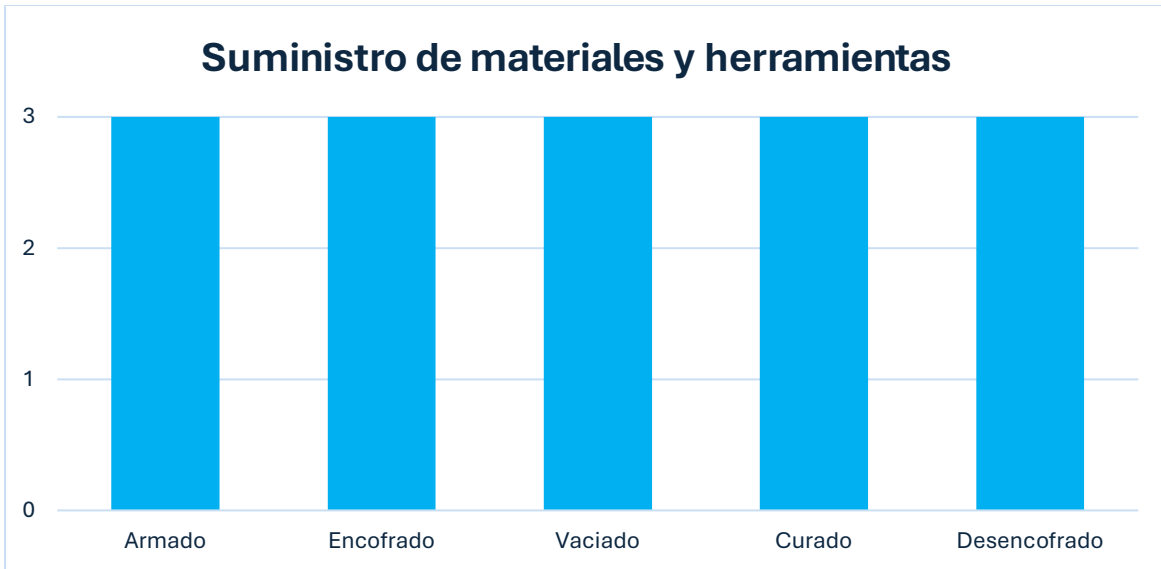


Ilustración 91. Pregunta 19

Fuente: Microsoft Excel

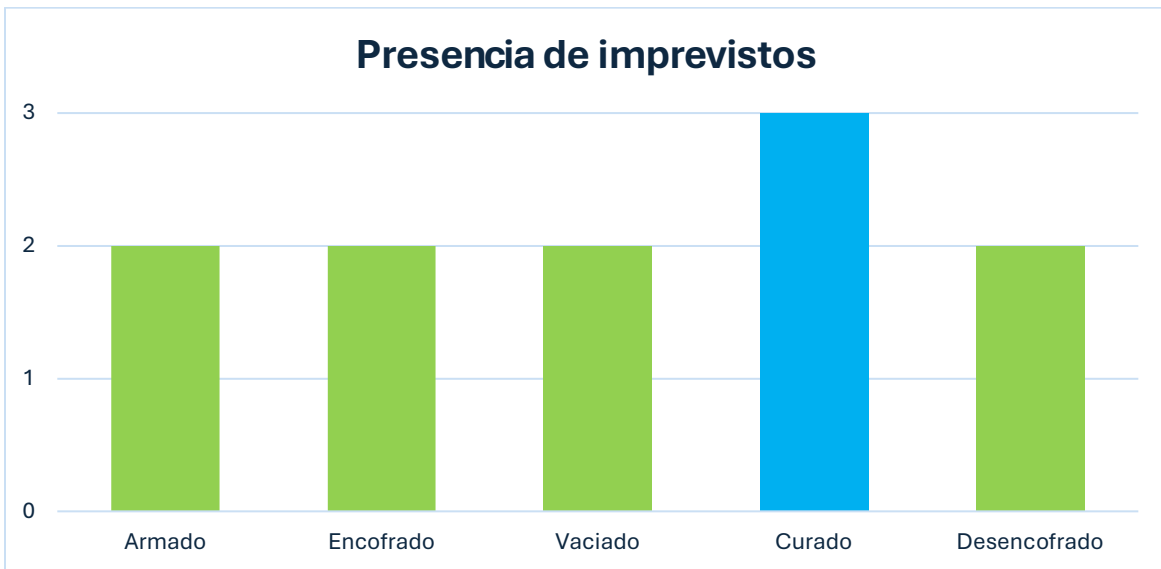


Ilustración 92. Pregunta 20

Fuente: Microsoft Excel

VEREDE CUMBAYÁ

Ubicación: Av. María Angelica Idrovo, Quito 170902

Tipo de construcción: Acero

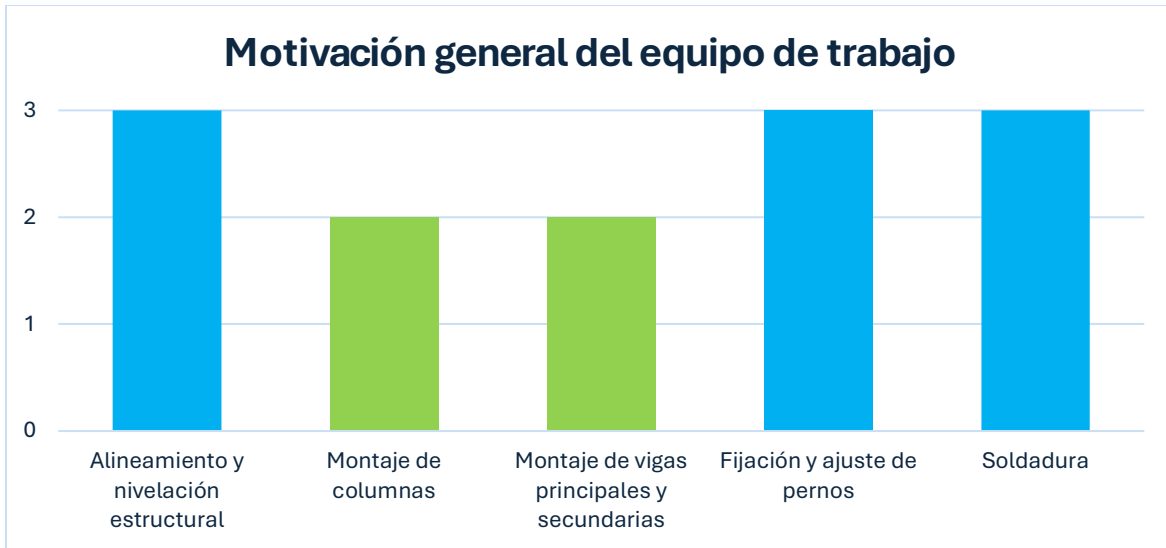


Ilustración 93. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

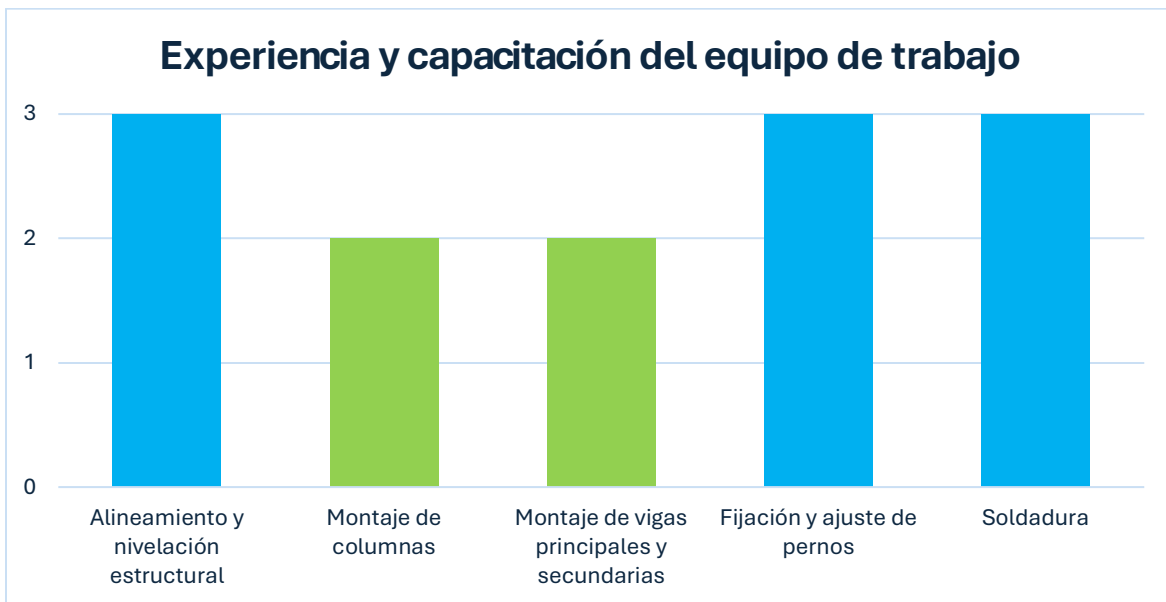


Ilustración 94. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

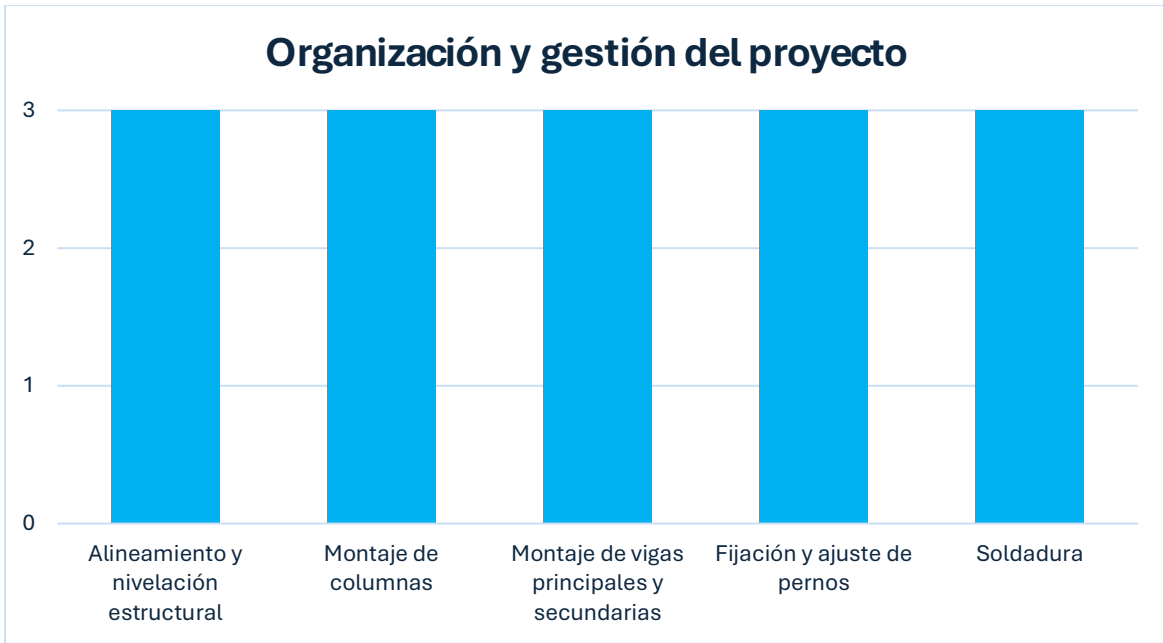


Ilustración 95. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

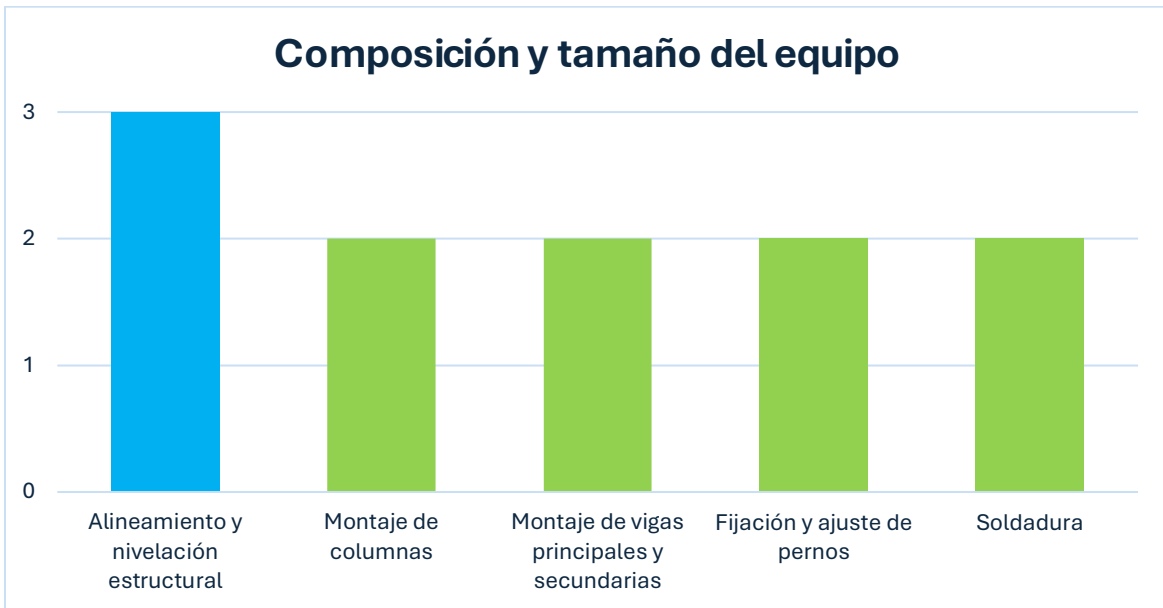


Ilustración 96. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 97. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

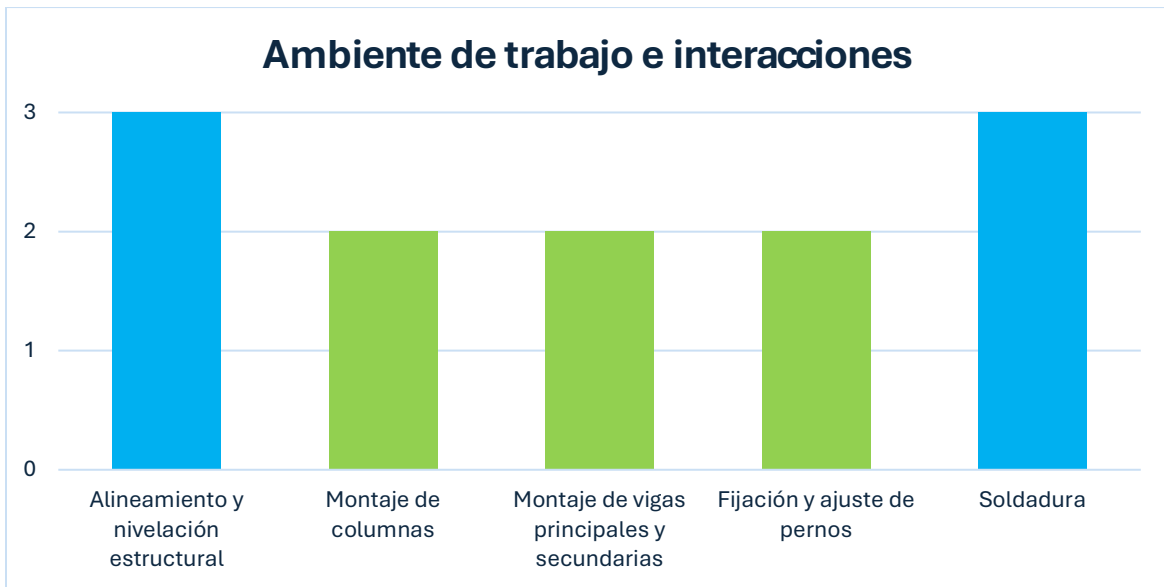


Ilustración 98. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

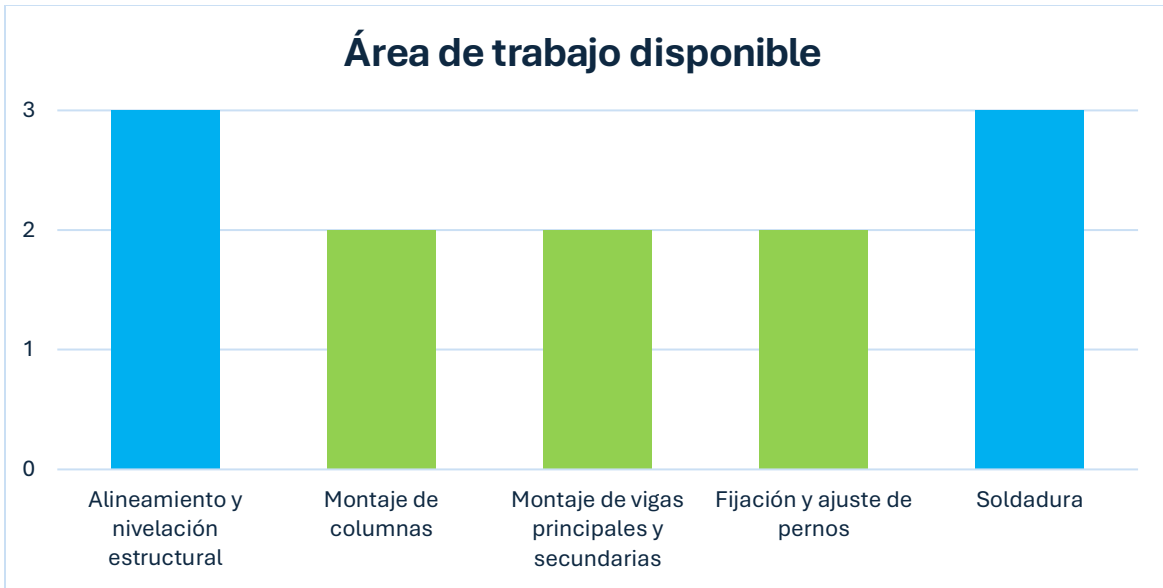


Ilustración 99. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

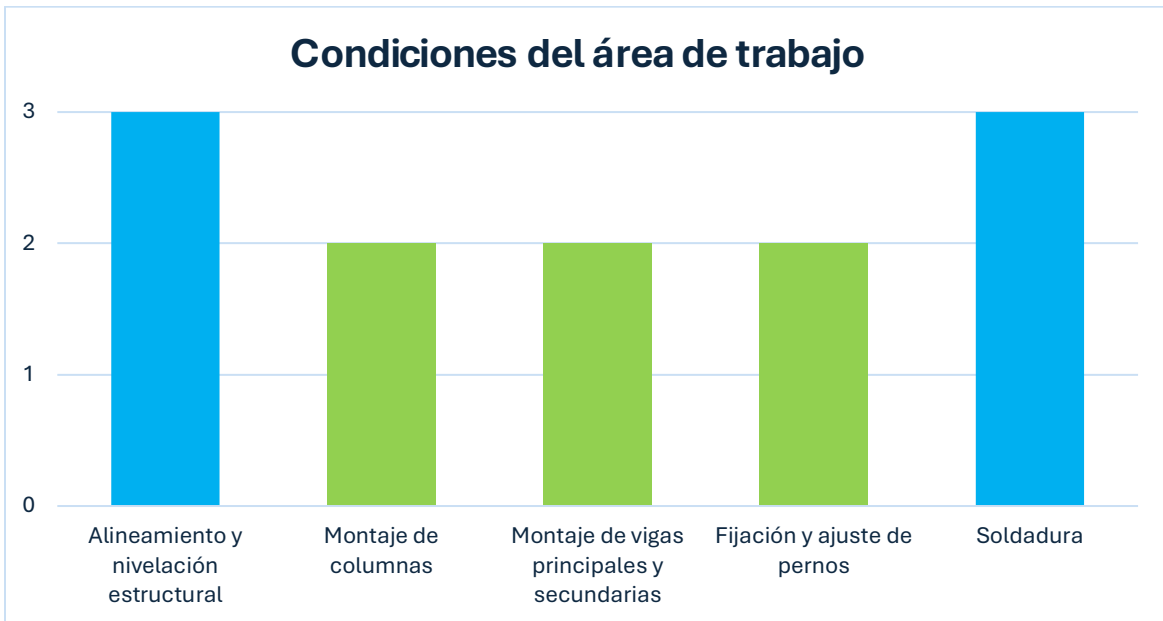


Ilustración 100. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

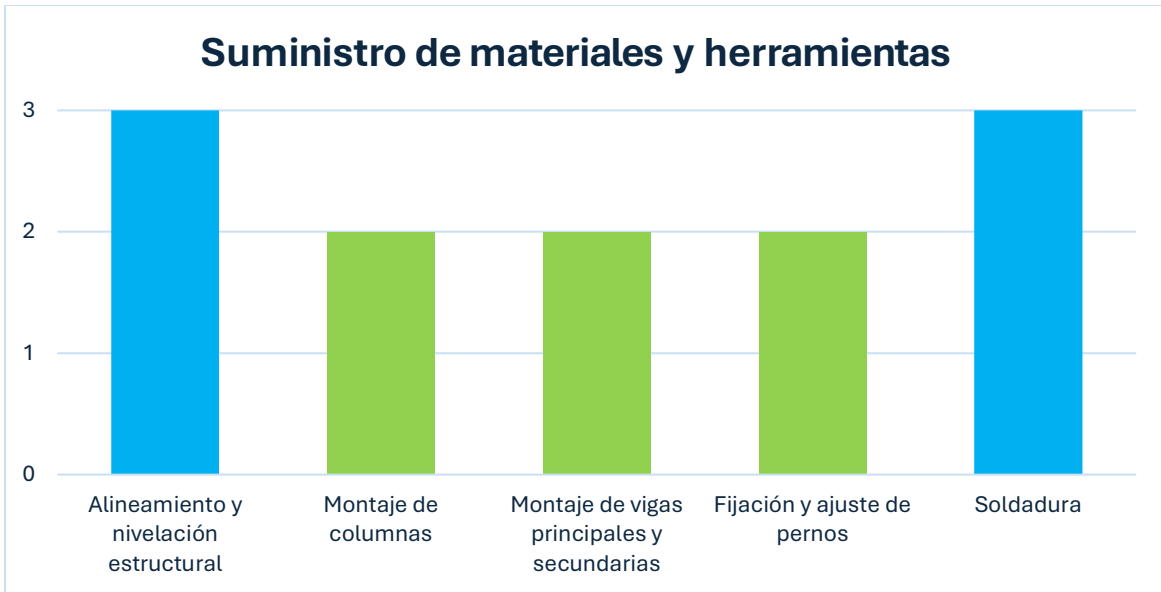


Ilustración 101. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel



Ilustración 102. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

SAN PATRICIO

Ubicación: Diagonal al potrero, Alfonso Lamiña, Lumbisi 170157

Tipo de construcción: Hormigón

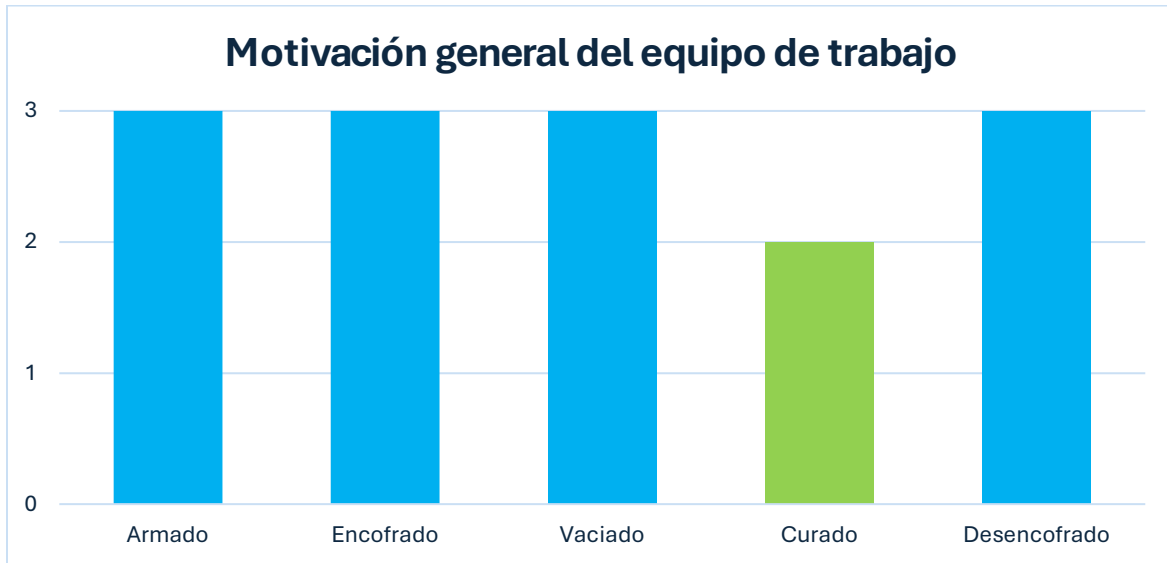


Ilustración 103. Pregunta 1

Fuente: Microsoft Excel

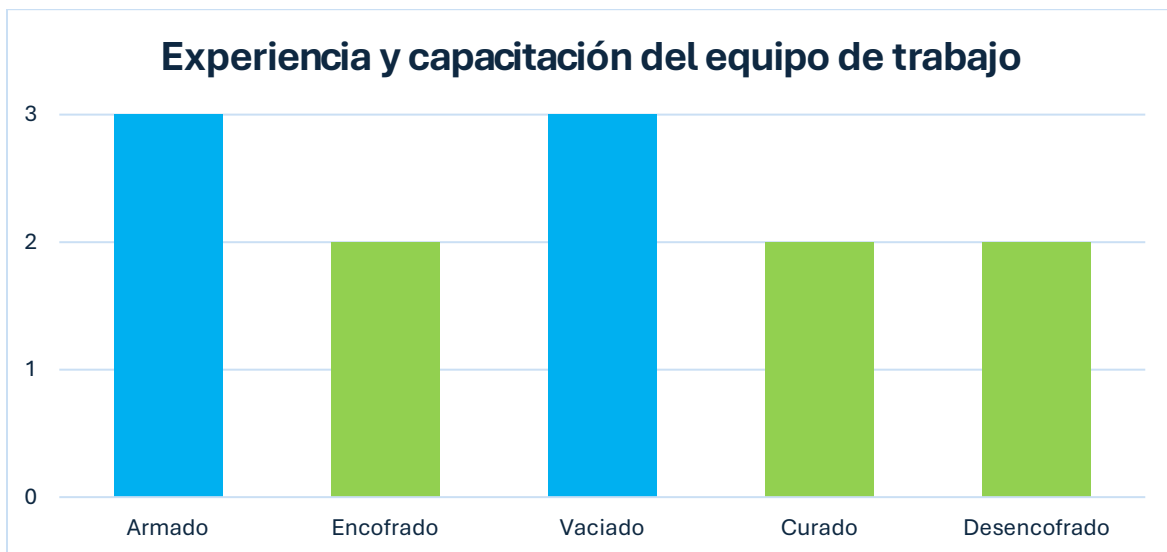


Ilustración 104. Pregunta 2

Fuente: Microsoft Excel

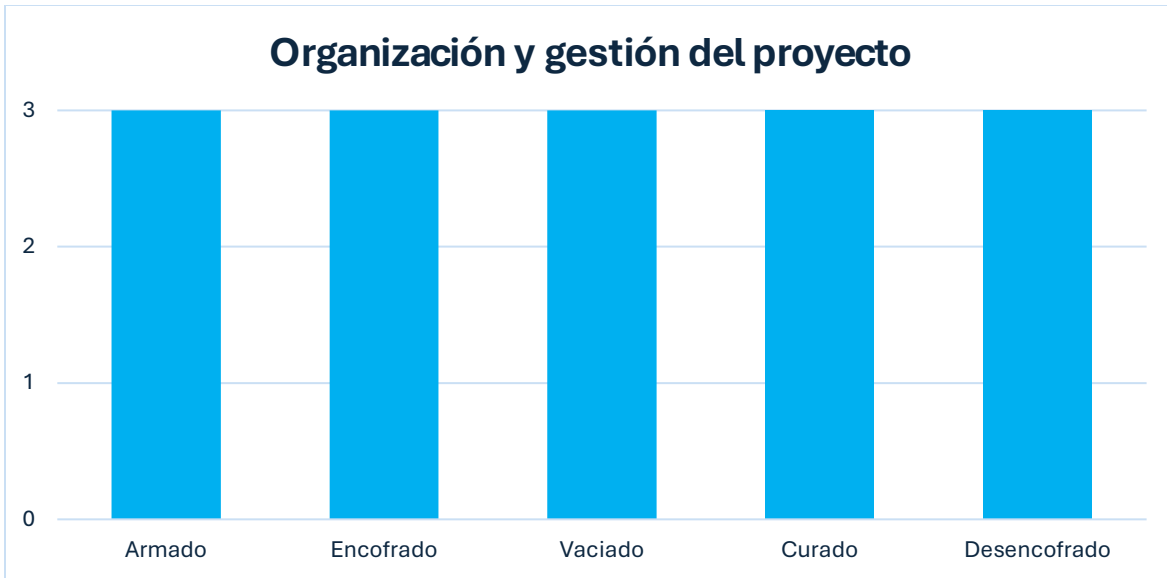


Ilustración 105. Pregunta 3

Fuente: Microsoft Excel

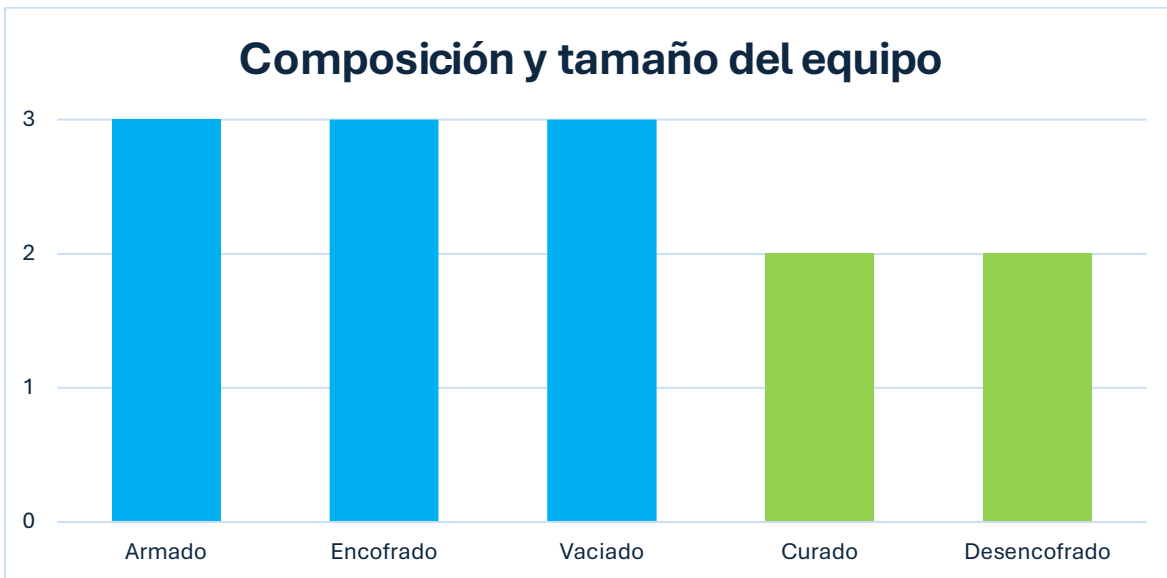


Ilustración 106. Pregunta 4

Fuente: Microsoft Excel

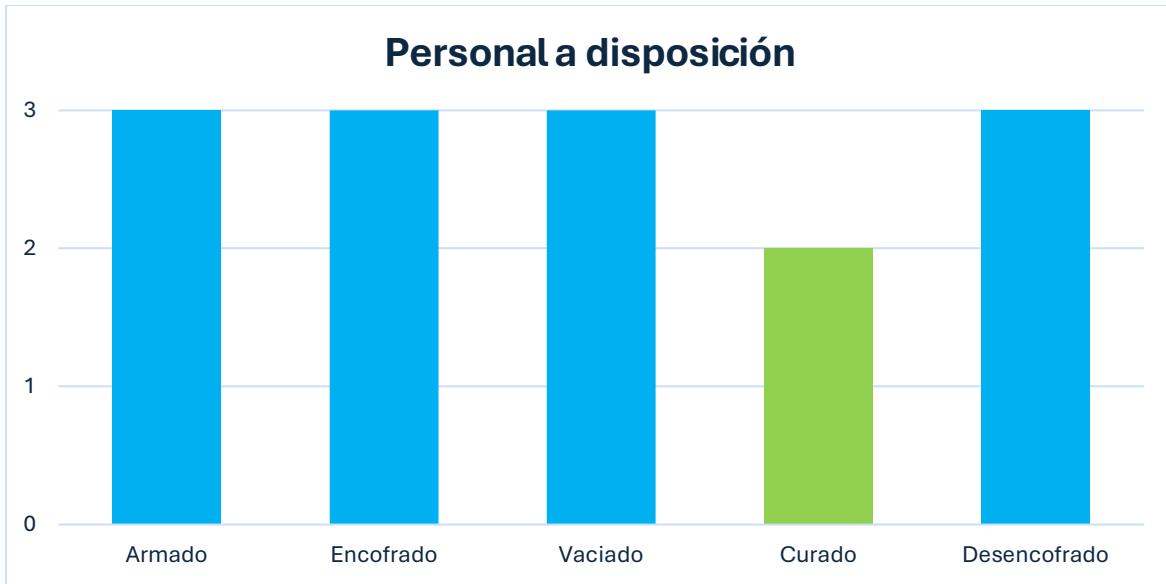


Ilustración 107. Pregunta 5

Fuente: Microsoft Excel

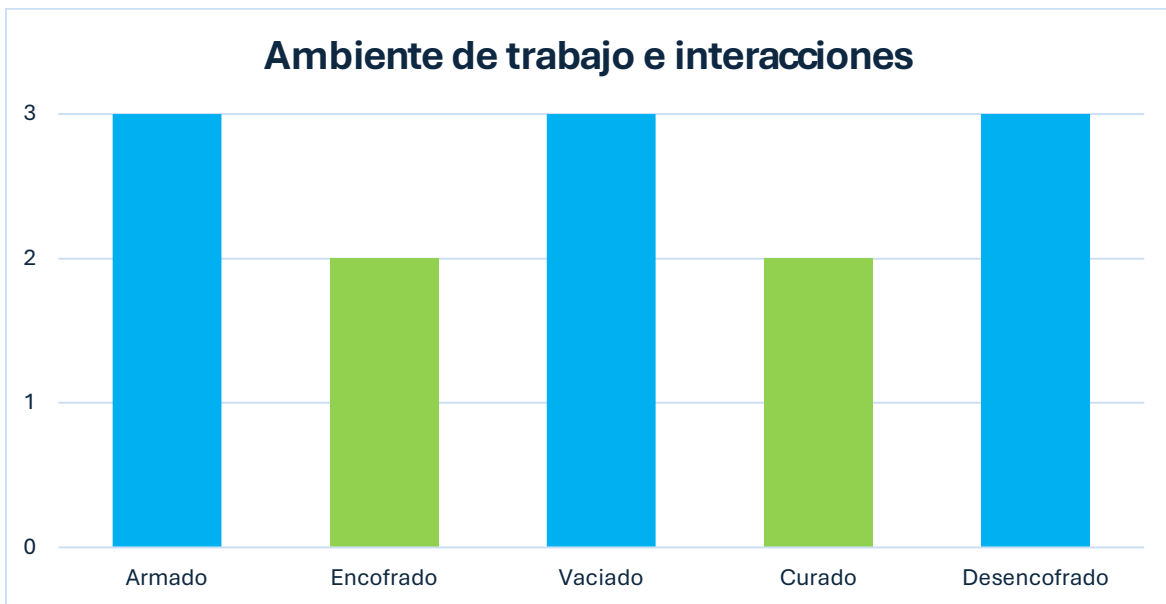


Ilustración 108. Pregunta 6

Fuente: Microsoft Excel

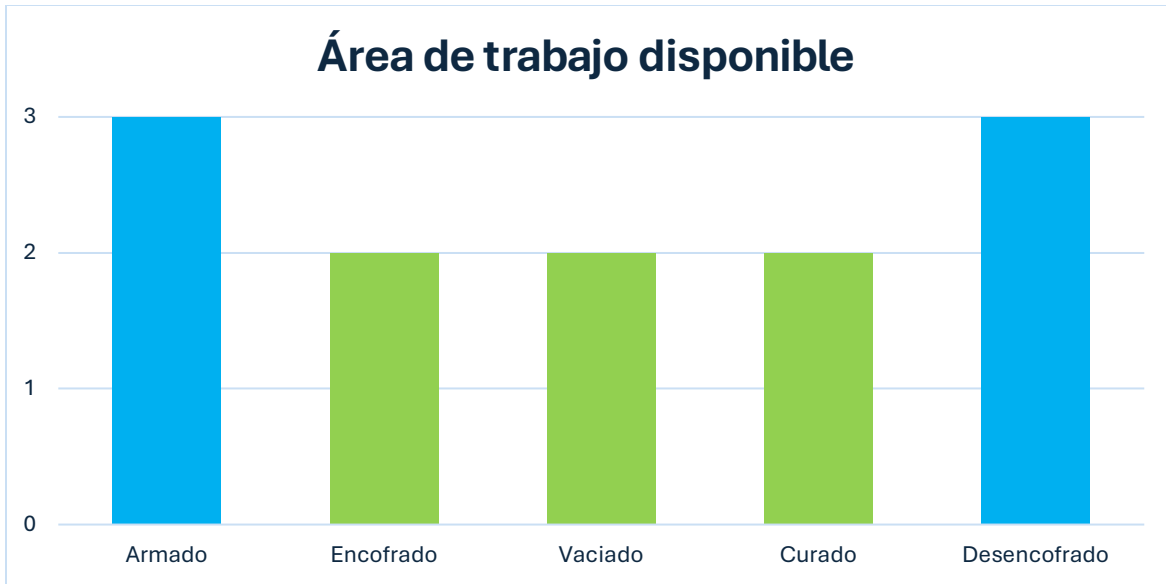


Ilustración 109. Pregunta 7

Fuente: Microsoft Excel

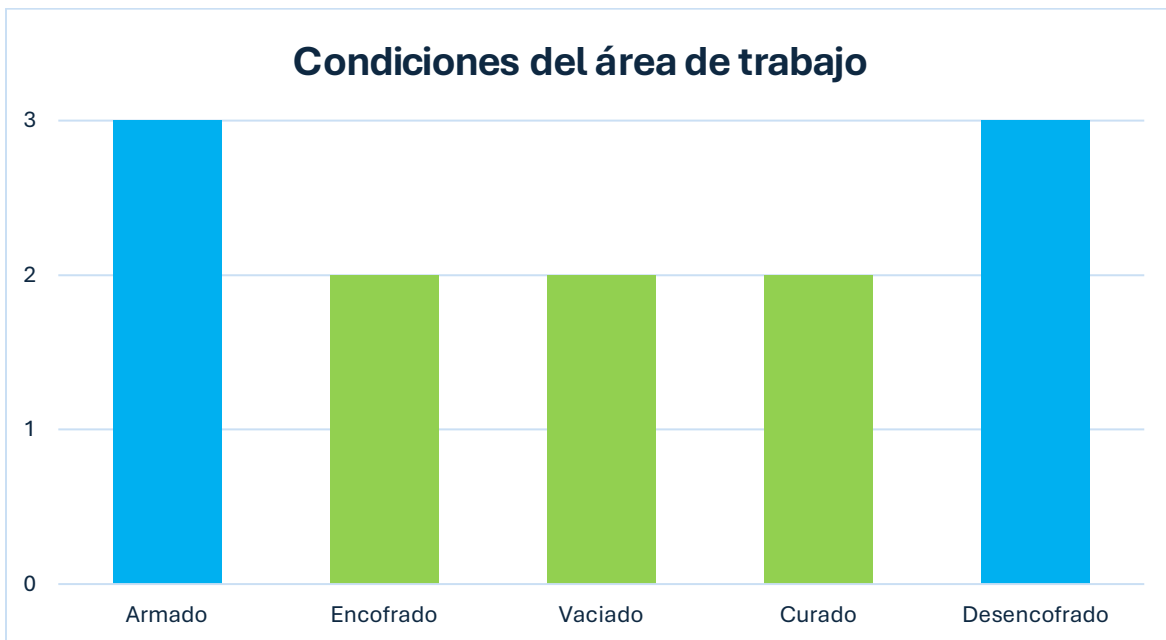


Ilustración 110. Pregunta 8

Fuente: Microsoft Excel

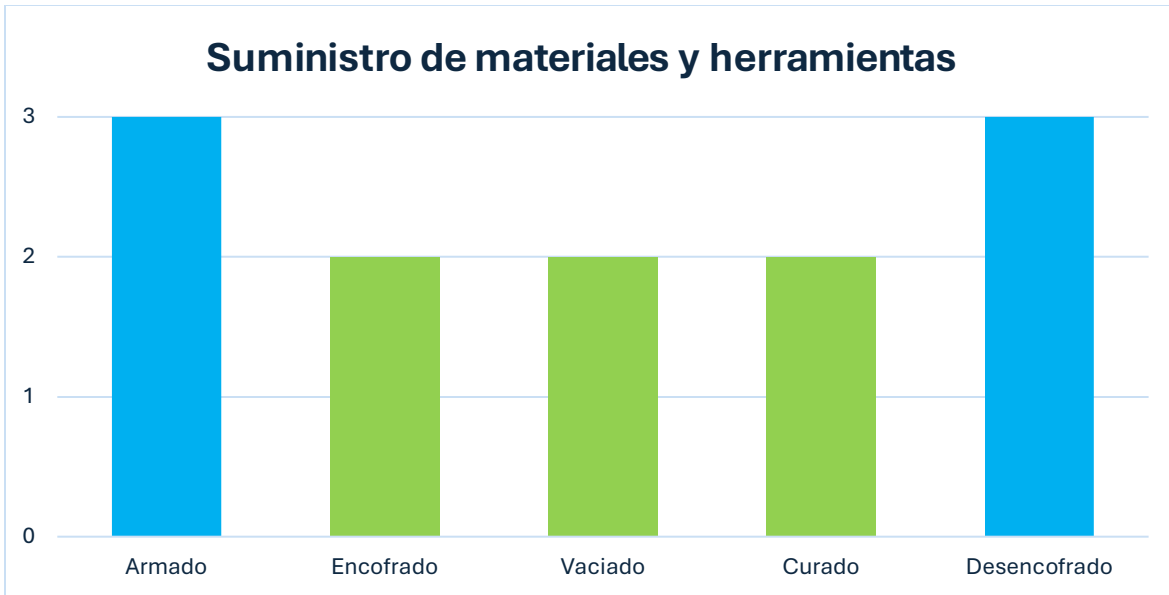


Ilustración 111. Pregunta 9

Fuente: Microsoft Excel

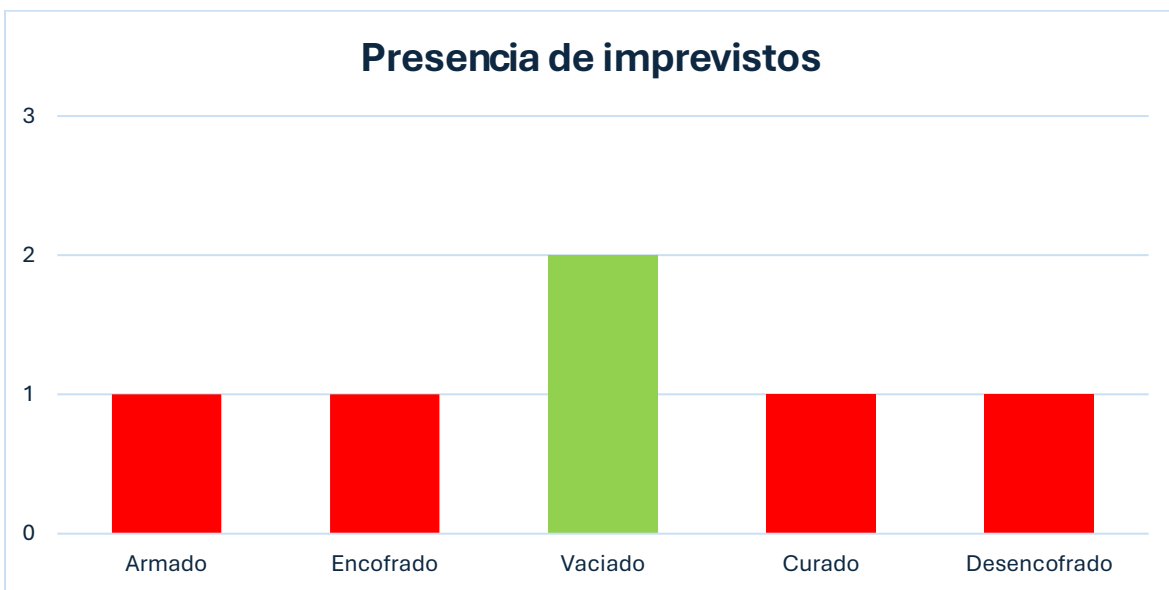


Ilustración 112. Pregunta 10

Fuente: Microsoft Excel

7.1 Conclusión cuantitativa general de los resultados del cuestionario

Los resultados obtenidos de nueve proyectos ejecutados por distintas empresas constructoras en Cumbayá evidencian patrones relevantes en la gestión del talento humano, el entorno operativo y la ejecución de actividades clave. En términos generales, las actividades de armado y encofrado

mostraron mejor desempeño que las etapas finales del proceso constructivo. Por ejemplo, la composición del equipo en la fase de armado fue evaluada como “alta” por el 55,6 % de los encuestados, mientras que este valor descendió a 33,3 % tanto para el curado como para el desencofrado. Este declive progresivo sugiere una pérdida de eficiencia conforme se avanza en el ciclo constructivo, posiblemente por menor asignación de recursos o planificación insuficiente.

Respecto a la experiencia del equipo, la fase de armado concentró un 66,7 % de respuestas en nivel “alto”, seguida por encofrado con 55,6 %, mientras que en vaciado esta proporción bajó al 44,4 %. En actividades como montaje de vigas principales, ningún encuestado calificó como “alto” el nivel de experiencia, y en montaje de columnas apenas el 11,1 % lo hizo. Estos resultados revelan un déficit de personal calificado en estructuras metálicas, especialmente en tareas críticas de ensamblaje. La brecha entre actividades iniciales y estructurales es evidente y debe ser considerada al momento de asignar cuadrillas o capacitar personal.

En lo relativo al suministro de materiales y herramientas, se observó fragmentación y dispersión en la percepción de los encuestados. En la actividad de vaciado, solo el 11,1 % calificó el suministro como “alto”, mientras que el 33,3 % lo consideró “medio” y más del 50 % no registró una respuesta. Estos datos sugieren debilidades logísticas en el abastecimiento durante esta fase crítica. A diferencia de estructuras metálicas donde, según otras respuestas, el suministro es percibido como más continuo, en estructuras de hormigón o mixtas hay mayor incertidumbre en la disponibilidad de insumos.

El entorno de trabajo también refleja contrastes. En montaje de vigas principales y secundarias, apenas el 22,2 % de los encuestados percibió un ambiente de trabajo “alto”, mientras que el 44,4 % lo evaluó como “medio” y el 33,3 % como “bajo”. Esta percepción se replica en el área disponible para el trabajo: en el curado, el 33,3 % reportó condiciones “bajas” y en el desencofrado este porcentaje ascendió a 44,4 %. Estas limitaciones físicas no solo afectan la productividad, sino también la seguridad y coordinación entre equipos, especialmente en actividades con alta movilidad operativa.

El análisis de condiciones del entorno físico refuerza esta tendencia. Mientras que en el armado el 66,7 % de los encuestados valoró el entorno como “alto”, en el curado y desencofrado esta calificación cayó al 22,2 %. Asimismo, durante el vaciado, un 44,4 % consideró que las condiciones eran “medias” y otro 22,2 % las evaluó como “bajas”. Estas cifras reflejan una

degradación operativa progresiva en la experiencia del trabajador a lo largo del ciclo de ejecución estructural, lo que puede impactar tanto en los tiempos como en la calidad final.

Finalmente, la presencia de imprevistos representa una alerta transversal. En la fase de vaciado, el 44,4 % de los encuestados reportó una presencia “media” de imprevistos, mientras que el restante 55,6 % no emitió una evaluación, lo que podría asociarse con vacíos de planificación o falta de monitoreo. En el desencofrado, el 33,3 % indicó un nivel “medio” y el 44,4 % reportó un nivel “bajo”. En contraste, la actividad de armado mostró un 44,4 % de respuestas en nivel “alto”, indicando mayor estabilidad. Esta evolución sugiere que los riesgos operativos tienden a incrementarse hacia las fases finales, lo que demanda fortalecer la planificación, la supervisión y la formación del personal para evitar cuellos de botella y asegurar la calidad estructural.

7.2 Análisis de Pareto – Actividad: Vaciado

Con el objetivo de identificar los factores que más inciden en los retrasos del proceso de vaciado de elementos estructurales, se aplicó el análisis de Pareto sobre los datos obtenidos en las encuestas aplicadas a residentes y supervisores de obra. Para este fin, se transformaron las valoraciones cualitativas (Bajo, Medio, Alto) en valores cuantitativos (1, 2, 3), y se calculó el impacto total de cada factor mediante la suma del producto entre frecuencia y valor asignado.

El gráfico resultante —con estilo dual de barras y línea acumulativa— evidencia de forma clara que los ocho primeros factores concentran más del 65% del impacto total acumulado, lo cual valida empíricamente la aplicabilidad del principio 80/20 en esta actividad crítica.

Los cinco factores con mayor incidencia total en los retrasos del vaciado fueron:

1. Organización y gestión del proyecto
2. Ambiente de trabajo e interacciones
3. Composición y tamaño del equipo
4. Personal a disposición
5. Motivación general del equipo de trabajo

Cada uno de estos factores alcanzó un impacto total entre 10 y 12 puntos, evidenciando que el retraso en el vaciado está altamente vinculado a la estructura organizacional interna del proyecto, las condiciones de coordinación del personal, y los niveles de compromiso operativo del equipo.

Estos elementos afectan directamente la puntualidad y continuidad del vaciado, especialmente cuando involucra turnos sincronizados, bombeo continuo o vaciados por etapas.

Factores como:

- Condiciones del área de trabajo
- Suministro de materiales y herramientas
- Presencia de imprevistos
- Área de trabajo disponible

también mostraron un impacto significativo (entre 7 y 9 puntos), aunque menor al de los cinco principales. Esto indica que, aunque la logística y disponibilidad física son importantes, su peso relativo es secundario frente a los elementos humanos y organizativos.

La línea roja de % acumulado muestra un ascenso rápido en los primeros factores y luego una pendiente más plana, alcanzando el 80% acumulado aproximadamente en el noveno factor. A partir de ese punto, el resto de factores tienen un impacto marginal en el total, lo cual permite trazar un punto de corte estratégico para la intervención prioritaria.

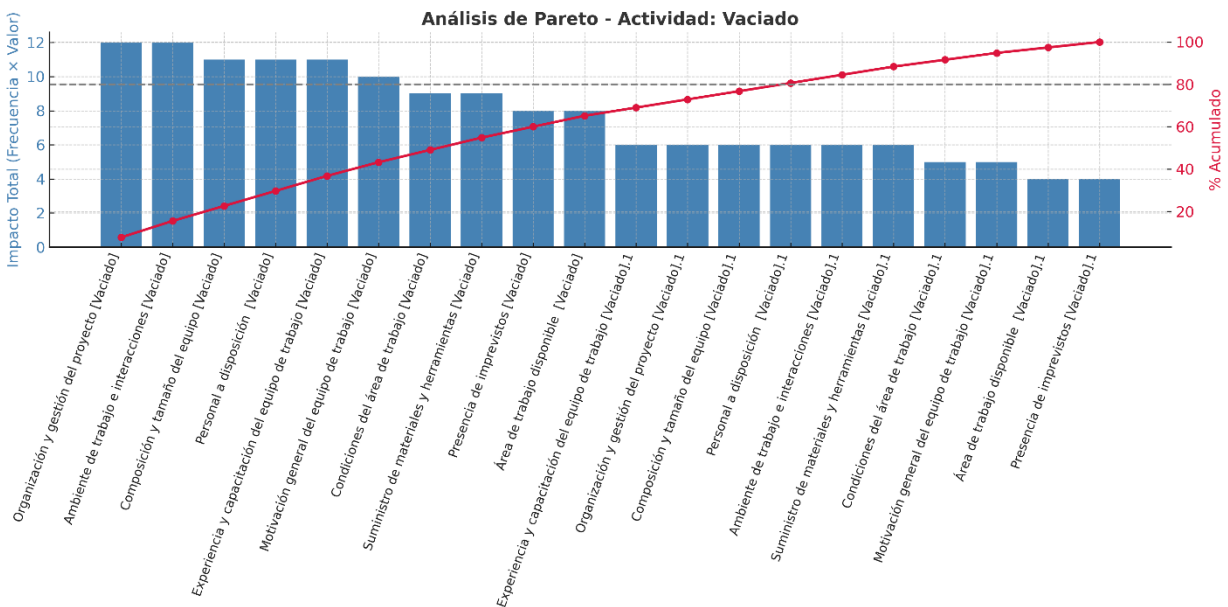


Ilustración 113. Análisis de Pareto - Actividad: Vaciado

Fuente: Microsoft Excel

7.3 Análisis de Pareto – Actividad: Armado

El proceso de armado de estructuras, especialmente en proyectos verticales como los de Cumbayá, representa una de las fases más sensibles a los retrasos operativos. Para analizar las causas principales que afectan su duración, se aplicó el análisis de Pareto sobre los factores evaluados en el cuestionario aplicado a residentes de obra. Las respuestas fueron transformadas en una escala numérica (1 = Bajo, 2 = Medio, 3 = Alto) y se sumaron los impactos por factor.

Los ocho primeros factores en la gráfica concentran más del 57% del impacto acumulado, lo que permite trazar un punto de corte técnico para la intervención prioritaria.

Los cinco factores más críticos con impacto total máximo fueron:

1. Motivación general del equipo de trabajo
2. Organización y gestión del proyecto
3. Composición y tamaño del equipo
4. Personal a disposición
5. Ambiente de trabajo e interacciones

Todos ellos alcanzaron un puntaje de 12, lo que evidencia que los retrasos en el armado no están determinados tanto por condiciones físicas del entorno, sino más bien por factores humanos, organizacionales y de liderazgo técnico.

También presentan incidencia significativa:

- Área de trabajo disponible
- Condiciones del área de trabajo
- Experiencia y capacitación del equipo

Estos factores reflejan que la eficiencia del armado depende también de la habilidad técnica y la logística espacial, especialmente cuando el trabajo se ejecuta en estructuras confinadas o en múltiples niveles simultáneos.

La curva de acumulación de impacto (línea roja) asciende rápidamente y alcanza el 80% acumulado cerca del noveno factor, validando así la lógica del principio de Pareto. El tratamiento

efectivo de estos primeros factores puede producir mejoras significativas sin necesidad de abarcar todo el universo causal.

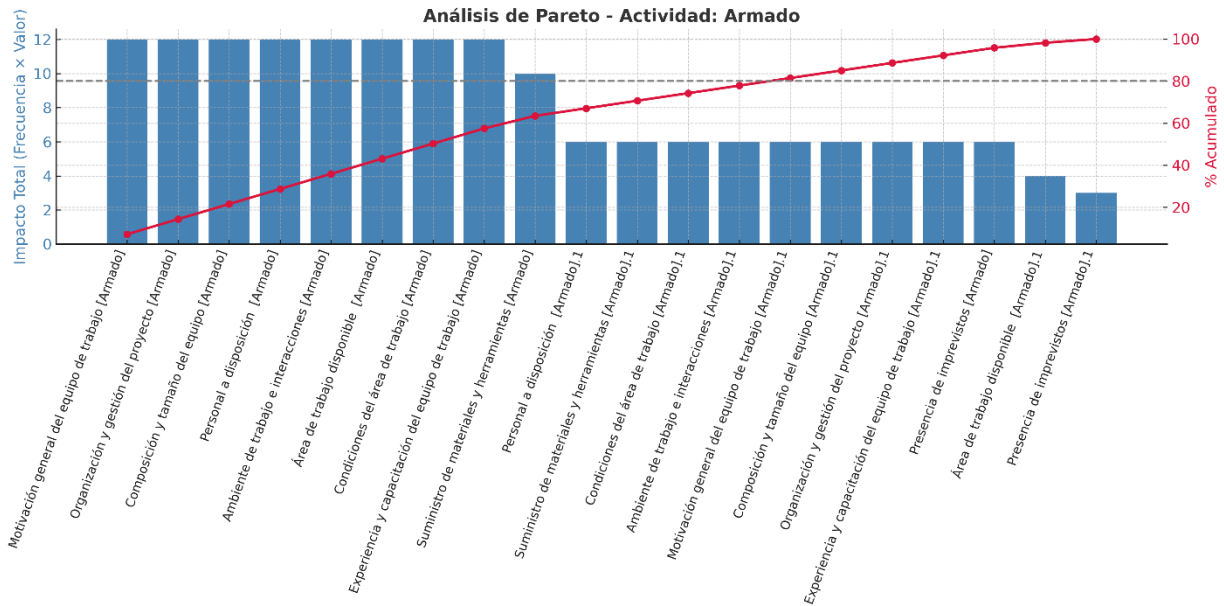


Ilustración 114. Análisis de Pareto - Actividad: Armado

Fuente: Microsoft Excel

7.4 Análisis de Pareto – Actividad: Curado

El curado del concreto es una actividad delicada que influye directamente en la resistencia estructural y la durabilidad de los elementos vertidos. Dada su importancia técnica, el análisis de Pareto aplicado a esta fase permite visualizar con claridad cuáles son los factores que más contribuyen a los retrasos o deficiencias durante su ejecución.

Al analizar las respuestas de los profesionales encuestados, se detecta que los siguientes factores concentran la mayor parte del impacto acumulado:

1. Motivación general del equipo de trabajo
2. Organización y gestión del proyecto
3. Composición y tamaño del equipo
4. Condiciones del área de trabajo
5. Ambiente de trabajo e interacciones

6. Suministro de materiales y herramientas

Todos estos factores alcanzan un impacto total de 12 puntos, lo que refleja una percepción compartida sobre su influencia directa en la eficiencia del curado. Es decir, el problema no está en un único eslabón débil, sino en una cadena de elementos organizativos, humanos y logísticos que deben funcionar de manera coordinada para garantizar un curado adecuado y sin interrupciones.

Otros factores como la disponibilidad de personal, la experiencia del equipo y la presencia de imprevistos también tienen incidencia, aunque con menor impacto acumulado. La variabilidad en estos elementos puede reflejar diferencias entre proyectos o zonas de trabajo dentro de las obras.

La curva acumulada muestra un ascenso constante y progresivo, con más del 70% del impacto total concentrado en los ocho primeros factores. Esta distribución, aunque amplia, conserva la lógica del principio de Pareto, indicando que actuar sobre los factores superiores puede traer mejoras significativas en el desempeño temporal y técnico de esta actividad.

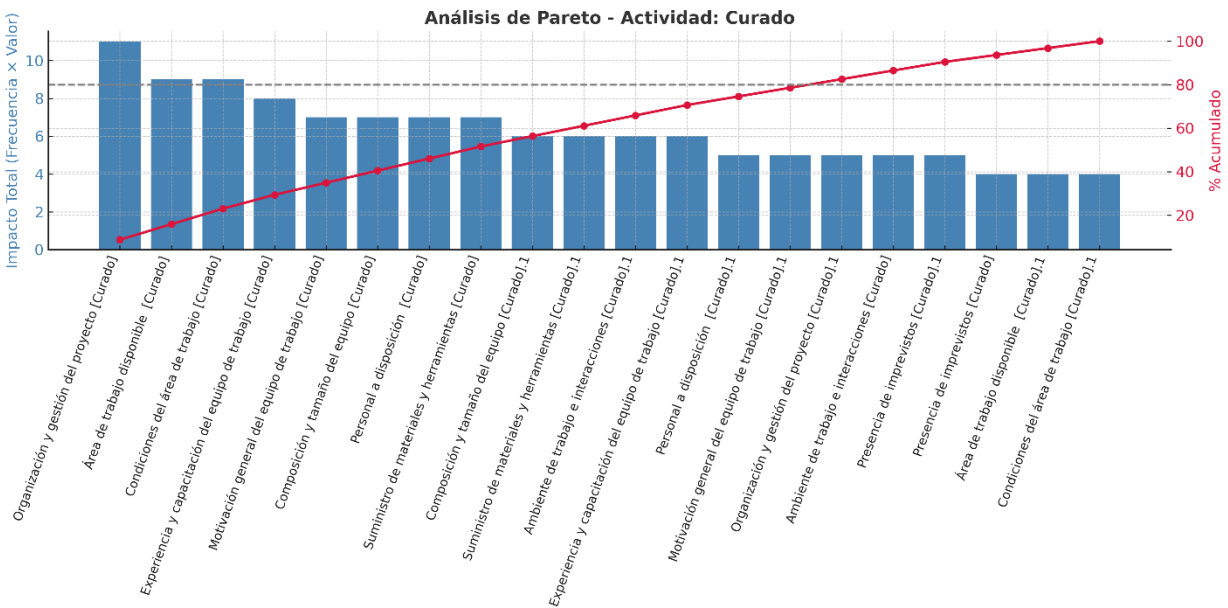


Ilustración 115. Análisis de Pareto - Actividad: Curado

Fuente: Microsoft Excel

7.5 Análisis de Pareto – Actividad: Encofrado

El encofrado es una actividad clave en la ejecución estructural, ya que define la forma y resistencia del concreto durante el fraguado. Al aplicar el análisis de Pareto sobre los factores que influyen en los retrasos de esta fase, se obtuvo una curva acumulada representativa que permite priorizar de forma efectiva los puntos críticos de intervención.

Los factores que concentran la mayor carga de impacto acumulado fueron:

1. Organización y gestión del proyecto (12 puntos)
2. Condiciones del área de trabajo (11)
3. Motivación general del equipo de trabajo (11)
4. Área de trabajo disponible (11)
5. Suministro de materiales y herramientas (10)

Estos resultados muestran que el encofrado no solo depende de la disponibilidad de materiales (madera, formaletas, moldes, etc.), sino también de una adecuada planificación y distribución del espacio físico, lo cual es crítico en proyectos verticales y zonas urbanas densas.

También se destacan con impacto notable:

- Ambiente de trabajo e interacciones
- Experiencia y capacitación del equipo
- Composición del equipo de trabajo

Estos reflejan que la colaboración entre cuadrillas, el conocimiento técnico y la disponibilidad de personal influyen en la rapidez con la que se pueden montar y desmontar las estructuras temporales.

La curva de acumulado muestra que los primeros 6 a 7 factores explican más del 70% del total de afectaciones, validando así el enfoque del principio 80/20. A partir del octavo factor, la pendiente se reduce considerablemente.

También destacan otros factores con impacto relevante:

- Motivación del equipo
- Suministro de herramientas específicas
- Experiencia y capacitación técnica

Estos factores, aunque secundarios, evidencian la importancia del componente humano y de la precisión técnica. Un equipo poco motivado o inexperto puede ralentizar o ejecutar mal la extracción de encofrados, generando riesgos o retrabajos.

La curva acumulativa del gráfico muestra que los ocho primeros factores explican más del 75% del impacto total, lo cual valida el uso del principio de Pareto en esta actividad. A partir del noveno ítem, los factores pierden peso en la contribución al problema.

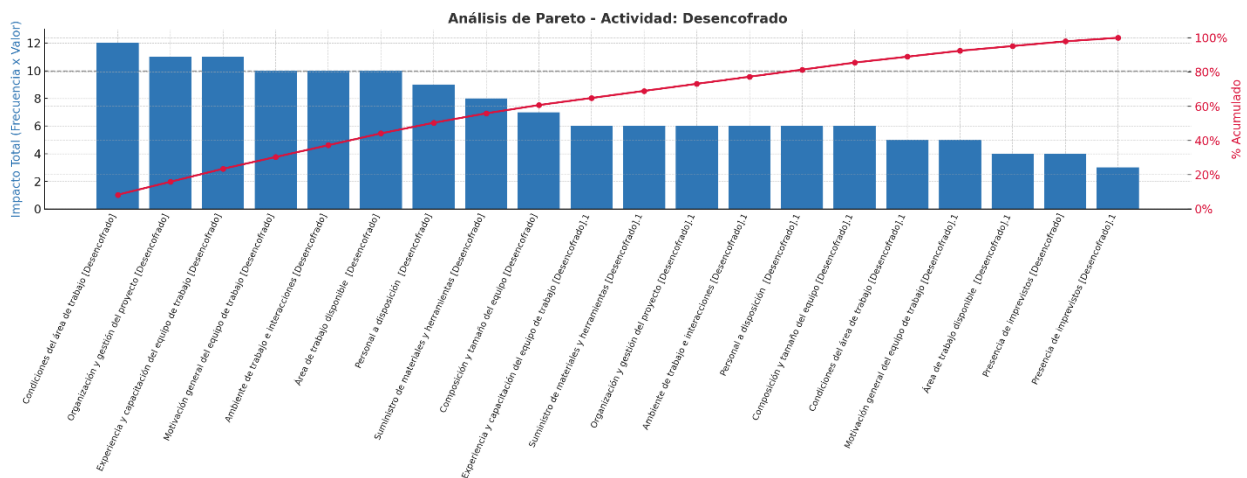


Ilustración 117. Análisis de Pareto - Actividad: Desencofrado

Fuente: Microsoft Excel

7.7 Análisis de Pareto – Actividad: Montaje de columnas

El montaje de columnas es una actividad estructural crítica en obras verticales, ya que define la alineación, verticalidad y estabilidad del sistema portante. Dada su sensibilidad técnica, los retrasos en esta fase pueden desencadenar problemas en cadena, afectando desde plazos hasta calidad estructural. El análisis de Pareto permite identificar qué factores impactan más en esos retrasos.

Los factores con mayor impacto acumulado, según la sumatoria de intensidad y frecuencia en las encuestas, son:

1. Organización y gestión del proyecto (12 puntos)
2. Motivación general del equipo de trabajo (11)
3. Ambiente de trabajo e interacciones (11)
4. Condiciones del área de trabajo (11)
5. Composición y tamaño del equipo (10)

Estos resultados muestran que el montaje de columnas se ve altamente condicionado por la planificación operativa del proyecto y por factores humanos y ambientales. La precisión en el montaje requiere equipos organizados, motivados y bien distribuidos, así como un entorno de trabajo que facilite el acceso y la maniobrabilidad.

Entre los factores con impacto intermedio destacan:

- Área de trabajo disponible
- Disponibilidad de personal calificado
- Suministro de herramientas y equipos adecuados
- Presencia de imprevistos técnicos o de coordinación

Aunque su peso relativo es menor, su aparición constante confirma que una falla logística o de personal puede frenar por completo el montaje, especialmente cuando se requiere el uso de grúas, elementos prefabricados o conexiones en altura.

El gráfico evidencia que los primeros siete factores concentran más del 75% del impacto acumulado, validando nuevamente el principio de Pareto. A partir de allí, las contribuciones individuales disminuyen drásticamente.

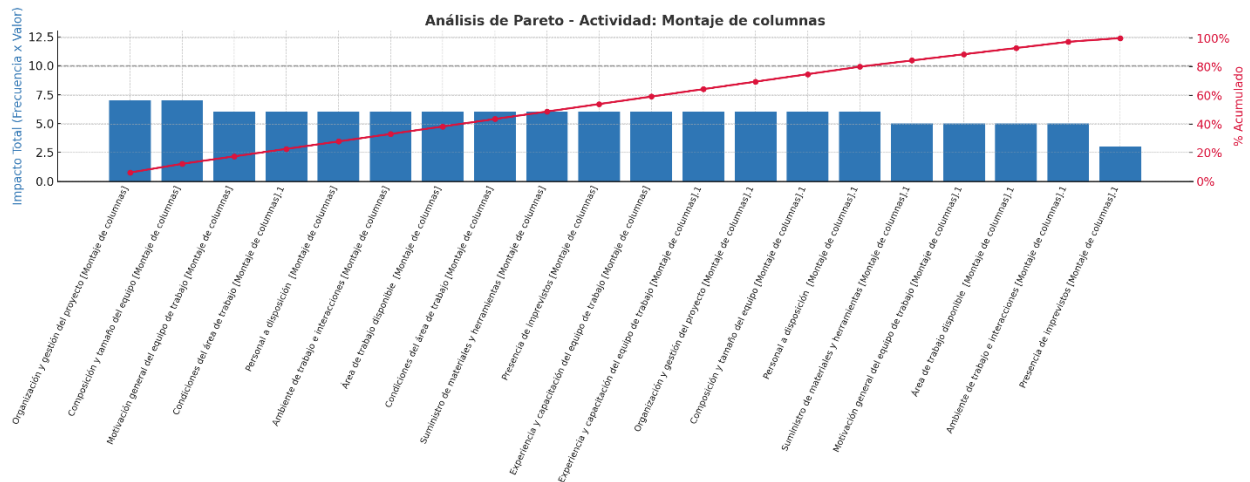


Ilustración 118. Análisis de Pareto - Actividad: Montaje de columnas

Fuente: Microsoft Excel

7.8 Análisis de Pareto – Actividad: Fijación y ajuste de pernos

El análisis de Pareto realizado para la actividad Fijación y ajuste de pernos permite identificar los factores que tienen mayor impacto en la duración y desempeño de esta fase constructiva. Los resultados muestran que tres factores concentran una proporción significativa del impacto total acumulado, superando el umbral del 80 %:

1. Organización y gestión del proyecto,
2. Ambiente de trabajo e interacciones, y
3. Condiciones del área de trabajo.

Estos tres elementos representan los principales cuellos de botella o palancas de mejora dentro de esta actividad. Su presencia en la parte superior del diagrama evidencia su peso en la eficiencia operativa, ya sea por deficiencias en la planificación, coordinación deficiente del entorno laboral o limitaciones físicas en el sitio de intervención.

En el segmento intermedio del gráfico se encuentran factores como composición y tamaño del equipo, motivación general del equipo, y personal a disposición, los cuales también generan un impacto considerable, pero con menor incidencia relativa. Su gestión adecuada puede contribuir a estabilizar el rendimiento operativo, aunque no representan por sí solos el eje crítico del proceso.

En la parte baja del gráfico aparecen variables como presencia de imprevistos, suministro de materiales y herramientas, y experiencia del equipo, cuya incidencia fue más limitada según la ponderación total obtenida. No obstante, su presencia reiterada puede provocar efectos indirectos si se combinan con problemas mayores en los factores clave.

La curva acumulada valida la regla del 80/20, confirmando que un pequeño grupo de factores explica la mayoría del impacto observado, lo cual permite priorizar acciones de mejora de forma estratégica. Este enfoque optimiza la asignación de recursos, centrándose en resolver los problemas más relevantes en lugar de diluir esfuerzos en múltiples frentes secundarios.

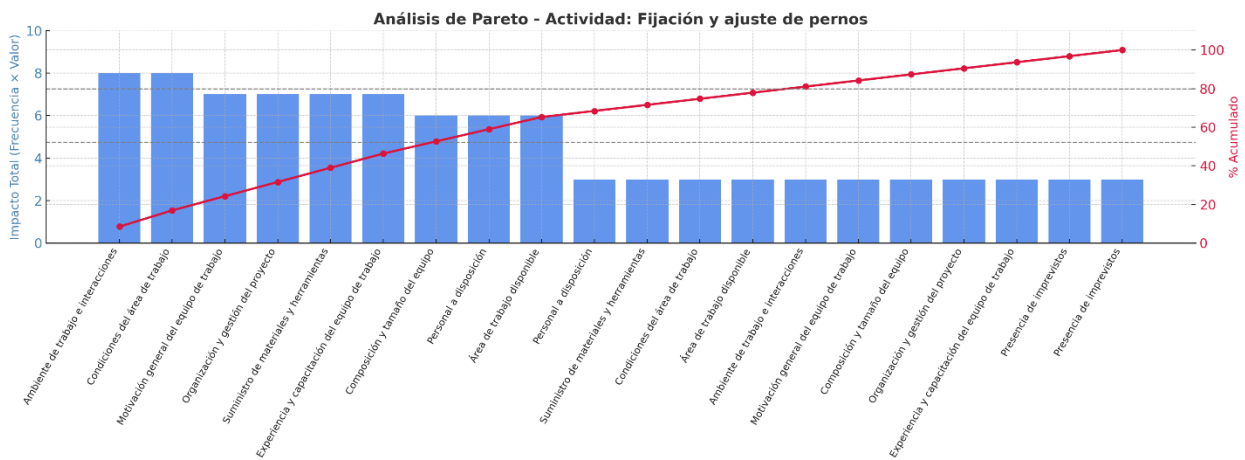


Ilustración 119. Análisis de Pareto - Actividad: Fijación y ajuste de pernos

Fuente: Microsoft Excel

7.9 Análisis de Pareto – Actividad: Montaje de vigas principales y secundarias

El análisis de Pareto aplicado a la actividad Montaje de vigas principales y secundarias revela que un reducido conjunto de factores concentra la mayor parte del impacto total percibido por los encuestados. Específicamente, tres elementos —Organización y gestión del proyecto, Composición y tamaño del equipo, y Motivación general del equipo de trabajo— explican por sí solos una proporción significativa del impacto acumulado, superando colectivamente el umbral del 50 % en la curva de acumulación.

Estos factores críticos están directamente vinculados con la planificación, la asignación de recursos humanos y la cohesión del equipo, lo cual es particularmente relevante en actividades estructurales de precisión como el montaje de vigas, donde los errores pueden generar retrasos costosos o comprometer la seguridad del ensamblaje.

A continuación, aparecen factores como personal a disposición, ambiente de trabajo e interacciones, y área de trabajo disponible, que refuerzan la importancia de las condiciones operativas inmediatas. Su posición en el gráfico sugiere que, si bien no son los principales generadores de impacto, actúan como potenciadores o limitantes del desempeño, dependiendo de cómo se gestionen.

En el tramo inferior del gráfico se ubican variables como presencia de imprevistos, experiencia y capacitación, y suministro de materiales, cuyos valores de impacto fueron relativamente menores. Sin embargo, su aparición constante en diferentes actividades sugiere que son factores transversales a todo el proceso constructivo, y por tanto no deben ser ignorados en los planes de mejora.

En resumen, los resultados validan la hipótesis de que una intervención focalizada en pocos factores estratégicos permite mejorar significativamente la eficiencia del montaje de vigas, permitiendo priorizar medidas correctivas o preventivas con base en datos empíricos y no en apreciaciones generales.

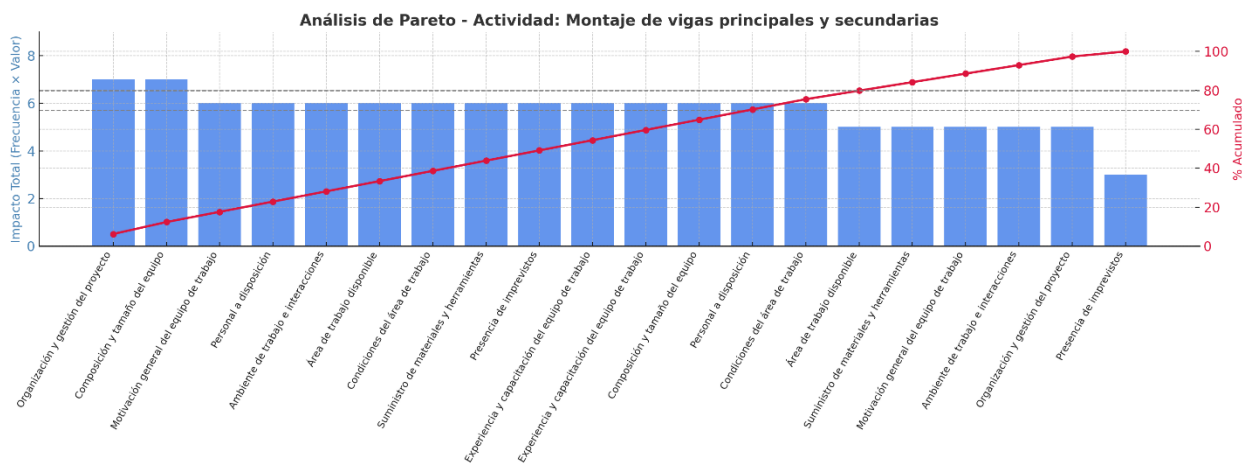


Ilustración 120. Análisis de Pareto - Actividad: Montaje de vigas principales y secundarias

Fuente: Microsoft Excel

7.10 Análisis de Pareto – Actividad: Soldadura

El análisis de Pareto aplicado a la actividad de *Soldadura* permite visualizar con claridad los principales factores que condicionan su ejecución eficiente. El gráfico evidencia que los factores Organización y gestión del proyecto, Motivación general del equipo, y Condiciones del área de

trabajo concentran la mayor parte del impacto acumulado, alcanzando colectivamente un porcentaje cercano al 70 % del total.

Esta configuración indica que la soldadura, pese a su carácter técnico, está altamente influenciada por factores organizacionales y ambientales, más que por la técnica individual del operador. Por ejemplo, una deficiente planificación de secuencias o una mala distribución del espacio puede generar interrupciones, riesgos y reprocesos.

Entre los factores de impacto intermedio se encuentran composición y tamaño del equipo, experiencia del personal, y ambiente de trabajo e interacciones, lo que refuerza la noción de que el rendimiento del equipo de soldadura depende también de la sinergia entre los trabajadores, así como de su formación previa.

En el extremo inferior del gráfico aparecen variables como presencia de imprevistos, personal a disposición, y suministro de materiales y herramientas, que en esta actividad específica tuvieron menor incidencia. Sin embargo, su monitoreo sigue siendo importante para evitar cuellos de botella inesperados.

En conjunto, el análisis sugiere que mejorar el desempeño en tareas de soldadura no solo pasa por invertir en capacitación técnica, sino por reforzar la logística operativa, las condiciones del entorno de trabajo y el clima organizacional.

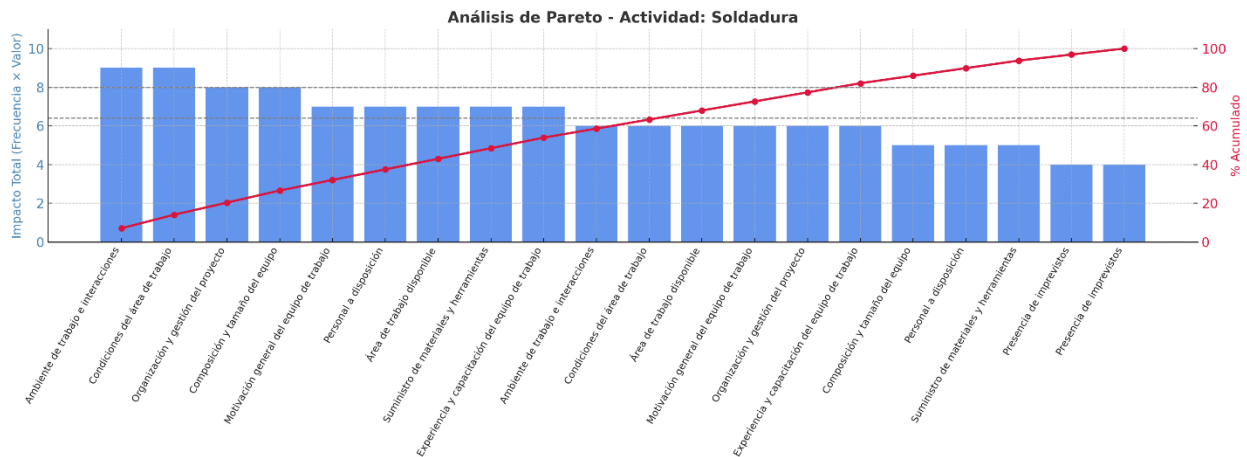


Ilustración 121. Análisis de Pareto - Actividad: Soldadura

Fuente: Microsoft Excel

7.11 Análisis de Pareto – Actividad: Alineamiento y nivelación estructural

El análisis de Pareto aplicado a la actividad de *alineamiento y nivelación estructural* evidencia que un conjunto reducido de factores concentra la mayor parte del impacto total sobre la duración de esta actividad. En específico, los tres factores de mayor incidencia son:

- Organización y gestión del proyecto,
- Ambiente de trabajo e interacciones, y
- Condiciones del área de trabajo,

cada uno con un impacto total cercano a 9 unidades (frecuencia \times valor), lo que indica una alta recurrencia e intensidad en su influencia. Estos factores representan los principales cuellos de botella operativos, ya que condicionan directamente la eficiencia del equipo técnico durante esta fase de la obra.

El análisis acumulado muestra que aproximadamente el 80% del impacto total se concentra en los primeros 13 factores, lo que valida la aplicación del Principio de Pareto (80/20). Entre estos se destacan también elementos relacionados con el desempeño del equipo humano, como la motivación general, la composición y tamaño del equipo, y la experiencia y capacitación técnica.

Factores como la presencia de imprevistos y el suministro de materiales y herramientas, aunque relevantes, se ubican en el extremo derecho del gráfico, con impactos individuales bajos y contribuciones marginales al total acumulado. Esto sugiere que, si bien deben gestionarse, no son prioritarios para las acciones correctivas inmediatas.

En síntesis, el Pareto revela que la mejora en el desempeño de esta actividad debe enfocarse en la planificación estratégica, la gestión del entorno de trabajo y la alineación operativa del equipo. Una intervención focalizada sobre estos factores clave permitiría una reducción significativa de los tiempos de ejecución en la actividad de alineamiento y nivelación estructural.

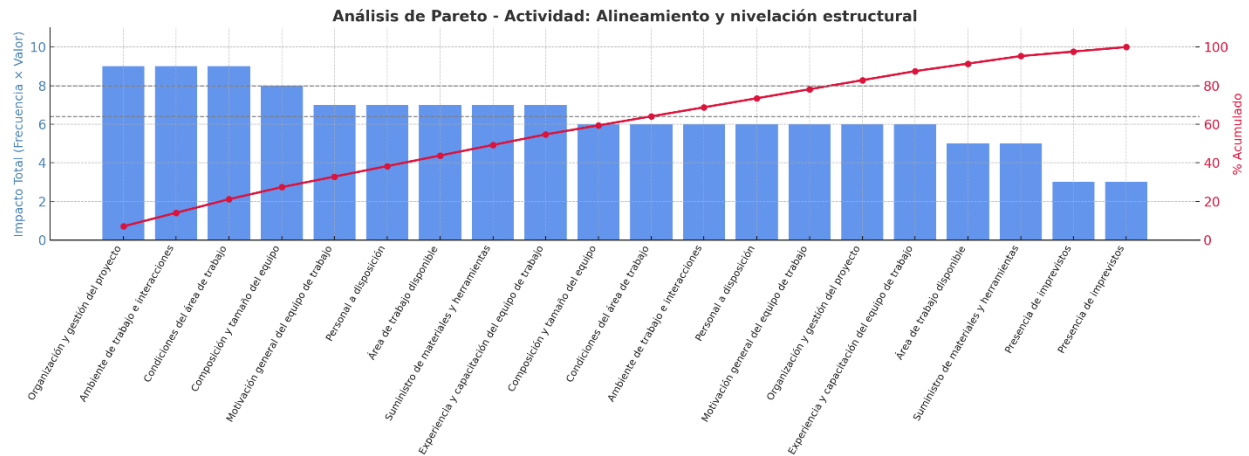


Ilustración 122. Análisis de Pareto - Actividad: Alineamiento y nivelación estructural

Fuente: Microsoft Excel

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTAS

8. Discusión de resultados y propuestas

Los hallazgos obtenidos en esta investigación permiten establecer una reflexión crítica sobre la naturaleza de los retrasos en obras de edificación urbana, especialmente en contextos densos como la parroquia de Cumbayá. Al contrastar los resultados con el cuerpo teórico previamente desarrollado, se confirma que los factores organizacionales y humanos representan el núcleo causal más significativo, superando incluso a los condicionantes técnicos o externos. Esta constatación empírica refuerza lo planteado por Mohanraj y Ramachandran (2021), quienes advierten que la planificación inadecuada y la débil coordinación entre actores del proyecto pueden llegar a explicar hasta un 25 % de los retrasos totales en obras urbanas, cifra que se alinea con la distribución de impactos identificada en los análisis de Pareto realizados en esta tesis.

En efecto, en todas las actividades evaluadas —vaciado, armado, curado, montaje de columnas, soldadura, entre otras— el factor “organización y gestión del proyecto” aparece de forma sistemática como el elemento con mayor incidencia acumulada. Esta reiteración empírica valida los señalamientos del Project Management Institute (2021), que posiciona la gestión del tiempo como uno de los tres pilares fundamentales de la triple restricción del proyecto (tiempo, costo y alcance), y advierte que su descontrol compromete la viabilidad técnica y financiera de cualquier obra. Los resultados obtenidos en Cumbayá corroboran dicha afirmación, evidenciando cómo una gestión fragmentada genera efectos dominó que ralentizan la cadena constructiva.

De manera paralela, el factor “motivación general del equipo de trabajo” emergió como un elemento transversal que impacta negativamente la eficiencia temporal, especialmente en actividades de precisión técnica como el armado y la soldadura. Este hallazgo empírico dialoga con la advertencia formulada por McKinsey & Company (2017), que señala que los sobretiempos en obra no son solo técnicos o logísticos, sino también humanos y operacionales, afectando la productividad en niveles superiores al 20 % del presupuesto inicial. La desmotivación del personal, sumada a la falta de liderazgo operativo, incide en la pérdida de ritmo, errores repetitivos y baja capacidad de respuesta ante imprevistos.

En relación con el entorno urbano, los resultados también corroboran lo planteado por PwC (2022) y Khalaf et al. (2021), quienes destacan que las obras en zonas metropolitanas presentan un 35 % más de probabilidades de sufrir desviaciones temporales debido a restricciones logísticas, interferencias externas y complejidades normativas. En el caso específico de Cumbayá, estas condiciones se reflejan claramente en factores como “condiciones del área de trabajo” y “disponibilidad del espacio operativo”, los cuales aparecen como críticos en actividades como el desencofrado y el montaje de estructuras. Este hallazgo confirma la sensibilidad espacial del proceso constructivo urbano descrita por Bahamid et al. (2022) y Hu et al. (2021), quienes destacan que la logística limitada y el confinamiento físico agravan los riesgos de retraso en proyectos verticales.

Desde una perspectiva metodológica, la aplicación del análisis de Pareto se consolidó como una herramienta eficaz para jerarquizar causas según impacto acumulado, validando lo planteado por Sahoo y Yadav (2020) sobre su aplicabilidad en proyectos de ingeniería con recursos limitados. Los diagramas obtenidos permitieron identificar de manera clara y cuantificable que, en promedio, los primeros ocho factores evaluados concentraron más del 75 % del impacto total en cada actividad. Este resultado respalda lo señalado por Prajapati et al. (2021), quienes demostraron que Pareto no solo clasifica causas, sino que orienta decisiones técnicas sobre la base de datos empíricos jerarquizados. En el contexto de obras con alta presión temporal, como las evaluadas en Cumbayá, esta capacidad de priorización resulta crucial para dirigir recursos hacia lo verdaderamente prioritario.

La utilidad estratégica del análisis de Pareto también se confirma al cotejar los resultados de esta tesis con los estudios de Arumugam et al. (2022) y Ramesh y Natarajan (2022), quienes reportan reducciones del 15 % al 20 % en los tiempos de inactividad al aplicar esta técnica en proyectos

urbanos de India y Chennai, respectivamente. En ese mismo sentido, el presente estudio ofrece evidencia local que complementa esta tendencia global, proponiendo una adaptación situada del principio 80/20 a obras ecuatorianas, con implicaciones prácticas directas para planificadores, residentes y consultores técnicos.

En términos de clasificación causal, los resultados refuerzan la categorización propuesta por Hussain et al. (2023), que agrupa los factores de retraso en cinco dimensiones principales: técnicas, financieras, contractuales, organizacionales y externas. La mayoría de los factores críticos identificados en este estudio —como la gestión deficiente, la motivación del equipo, el acceso al área de trabajo y la disponibilidad de personal— se ubican dentro de las categorías organizacionales y operativas, lo que subraya la necesidad de reforzar los procesos internos antes que buscar explicaciones externas o coyunturales. De forma concordante, Ezeokoli et al. (2023) advierten que los factores externos rara vez superan el 20 % del impacto total, lo que valida la orientación interna de las estrategias de mitigación propuestas en esta tesis.

En cuanto a las propuestas derivadas del análisis, estas se articulan con lo planteado por el PMBOK (PMI, 2021), que recomienda una gestión del tiempo basada en siete procesos claves, desde la definición de actividades hasta su control sistemático. La incorporación de herramientas como el Critical Path Method (CPM), la programación lineal o el uso de layouts temporales se alinea con lo sugerido por Elattar (2021) y Choudhury et al. (2020), quienes destacan que el uso de cronogramas dinámicos mejora la anticipación de cuellos de botella. Del mismo modo, la propuesta de mejorar la gestión del espacio disponible en obra, a través de layouts de trabajo y zonificación operativa, responde a la recomendación de Qureshi et al. (2022), quienes alertan sobre los impactos negativos de la falta de planificación espacial en proyectos verticales.

Por otra parte, la sugerencia de institucionalizar el análisis de Pareto como herramienta de gestión continua responde a la evidencia mostrada por Dabholkar y Sawant (2020), quienes destacan su ventaja sobre métodos complejos como PERT o simulaciones estocásticas, especialmente en contextos donde los equipos no disponen de software especializado. En ese sentido, la visualización rápida y la capacidad de priorizar acciones lo convierten, como sostiene de Abreu et al. (2021), en una herramienta poderosa para comunicar, coordinar y alinear decisiones técnicas en proyectos con múltiples frentes de trabajo.

En síntesis, los resultados de esta investigación no solo validan empíricamente lo expuesto en el marco teórico, sino que amplían su alcance al incorporar un enfoque localizado y aplicado al contexto urbano ecuatoriano. Las causas de retraso en obras de Cumbayá no son fortuitas ni aleatorias, sino atribuibles a una lógica organizacional mejorable, a condiciones logísticas predecibles y a una cultura técnica que aún privilegia la experiencia empírica por sobre la planificación estratégica basada en datos. El presente estudio, al jerarquizar causas, proponer soluciones específicas y respaldar sus hallazgos con autores reconocidos, ofrece un modelo replicable de análisis operativo que puede ser utilizado tanto en la academia como en la práctica profesional.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. Conclusiones

La presente investigación permitió identificar, analizar y jerarquizar de manera rigurosa los factores que inciden en la duración de las actividades clave durante la ejecución de obras civiles tipo edificio en la zona urbana de Cumbayá. A través de la aplicación del enfoque cuantitativo y el uso del análisis de Pareto como herramienta estadística de priorización, se lograron resultados relevantes tanto desde la perspectiva técnica como operativa.

En primer lugar, se concluye que las actividades constructivas con mayor peso en el cumplimiento del cronograma general de obra son: vaciamiento de concreto, armado, curado, encofrado, desencofrado, montaje de columnas, fijación de pernos, alineamiento estructural y soldadura, entre otras. Estas actividades, por su naturaleza secuencial y su nivel de dependencia técnica, poseen un alto grado de criticidad dentro del ciclo de ejecución de edificios urbanos, y su retraso genera efectos acumulativos sobre fases posteriores.

En segundo lugar, el análisis empírico evidenció que los factores de tipo organizativo y humano son consistentemente los más determinantes en los retrasos temporales. Factores como la deficiente organización y gestión del proyecto, la baja motivación del equipo, la composición inadecuada del personal operativo, las limitaciones del área de trabajo y la escasa experiencia técnica aparecen con alta frecuencia e impacto acumulado. Esta tendencia se mantuvo en todas las actividades clave evaluadas, lo que indica una problemática transversal que excede la variabilidad entre proyectos o tipos de estructura (acero, hormigón o mixta).

En tercer lugar, la aplicación del análisis de Pareto permitió identificar de forma precisa los factores que explican más del 80% del impacto acumulado en cada actividad. Esta herramienta demostró ser eficaz y adaptable al contexto de obras urbanas en zonas densamente pobladas como Cumbayá, permitiendo visualizar jerarquías causales y focalizar la atención en un subconjunto reducido de elementos estratégicos. La evidencia empírica respalda la validez del principio 80/20 en el ámbito constructivo urbano ecuatoriano.

Asimismo, el proceso de levantamiento de datos —mediante encuestas estructuradas, observación directa y análisis documental— fortaleció la triangulación metodológica, incrementando la confiabilidad de los hallazgos. La consistencia interna del instrumento, validada con un alfa de Cronbach de 0,89, otorga solidez a los resultados obtenidos.

Finalmente, se concluye que el principal aporte de esta tesis radica en transformar una problemática recurrente —los retrasos en obra— en un sistema jerarquizado de causas, cuantificables y priorizables, que puede ser utilizado como base técnica para mejorar la planificación temporal, optimizar recursos y reducir riesgos operativos en proyectos similares. Los hallazgos no solo confirman lo reportado en literatura internacional, sino que ofrecen una adaptación localizada, útil para ingenieros, residentes de obra, planificadores y decisores públicos en el entorno urbano de Quito.

10. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos y del cumplimiento íntegro de los objetivos planteados, se proponen una serie de recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia temporal en la ejecución de actividades clave dentro del proceso constructivo en edificaciones urbanas, particularmente en zonas de alta densidad como Cumbayá. Estas sugerencias se fundamentan en los hallazgos empíricos derivados del análisis de Pareto, el cual permitió identificar con claridad los factores que concentran la mayor incidencia en los retrasos de obra.

En primer lugar, se recomienda fortalecer de manera sustantiva la planificación operativa en los proyectos de construcción mediante la implementación de herramientas técnicas como cronogramas detallados por actividad crítica, diagramas de Gantt y metodologías de secuenciación como el método del camino crítico (CPM). La anticipación de actividades interdependientes, así como la identificación de los puntos de congestión operativa, permitirán reducir la probabilidad de retrasos acumulativos, especialmente en fases sensibles como el vaciado, el armado y el montaje

estructural. Esta planificación debe considerar la realidad logística del entorno urbano, con sus respectivas restricciones de espacio, movilidad y normativas técnicas.

En segundo lugar, se sugiere optimizar la gestión del recurso humano, toda vez que factores como la motivación, la composición del equipo y la disponibilidad de personal fueron identificados como causas recurrentes de ineficiencia. En este sentido, es pertinente establecer programas de capacitación continua en actividades técnicas especializadas, así como desarrollar mecanismos de incentivo que premien el cumplimiento eficiente del cronograma. La conformación de equipos de trabajo estables, con roles claramente definidos y liderazgo operativo efectivo, puede incrementar de manera significativa el rendimiento y reducir las interrupciones por descoordinación o rotación de personal.

Asimismo, es necesario mejorar la gestión del espacio disponible en obra, dado que la restricción del área de trabajo fue una de las principales limitaciones identificadas en actividades como el desencofrado, el encofrado y la soldadura. Para ello, se recomienda elaborar planos de distribución temporal (layout de obra) que organicen estratégicamente el uso del espacio durante cada fase crítica, considerando accesos, zonas de almacenamiento, rutas de circulación y puntos de montaje. Esta acción facilitará una ejecución más fluida, especialmente en obras verticales ubicadas en contextos urbanos densificados.

Otra recomendación clave consiste en reforzar la coordinación interdepartamental y la comunicación entre los distintos actores del proceso constructivo. Se sugiere institucionalizar reuniones periódicas de seguimiento con participación de residentes, planificadores, subcontratistas y supervisores, donde se evalúen avances, se identifiquen desviaciones y se implementen ajustes operativos de forma colaborativa. Esta estrategia permitirá reducir la desorganización y la falta de alineación, factores que afectan de forma transversal la duración de múltiples actividades.

De igual manera, se propone establecer mecanismos de control de calidad para procesos intermedios, especialmente en actividades que dependen de fases previas bien ejecutadas, como el curado, el desencofrado o la fijación de elementos estructurales. La implementación de listas de verificación técnica (checklists) y protocolos de aprobación antes del inicio de cada actividad permitirá reducir la incidencia de errores, retrabajos y ajustes correctivos que afectan negativamente los tiempos de ejecución.

Finalmente, se recomienda incorporar de manera sistemática el análisis de Pareto como herramienta de gestión en la planificación y control de proyectos. Dado que esta metodología ha demostrado ser eficaz para identificar y jerarquizar los factores críticos que inciden en los retrasos de obra, su uso no debe limitarse a estudios post-ejecución, sino integrarse como parte del sistema de toma de decisiones desde la etapa de preconstrucción. Su capacidad para focalizar acciones sobre un conjunto reducido de causas prioritarias representa una ventaja estratégica que puede mejorar sustancialmente la eficiencia temporal, técnica y financiera de las obras civiles.

11. Bibliografía

- Abbas, R., Ahmad, M., Khan, R. A., & Shafique, M. (2023). Impact of subcontracting on construction schedule performance: An empirical assessment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(3), 04023010. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4>
- Abubakar, M., Abdullahi, M., & Yusuf, A. (2022). Contractual and financial risk factors causing delay in public construction projects. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 9(1), 34–42. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v9.n1.551>
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., & Losada, J. L. (2020). Metodología observacional en estudios de ciencias sociales: Avances recientes. *Anales de Psicología*, 36(1), 179–187. <https://doi.org/10.6018/analesps.360119>
- Arumugam, V., Jayaraman, R., & Murugan, P. (2022). Application of Pareto analysis in reducing idle time in urban infrastructure projects. *Asian Journal of Civil Engineering*, 23(4), 781–794. <https://doi.org/10.1007/s42107-021-00390-3>
- Bahamid, R. A., & Doh, S. I. (2022). Analysis of delays in construction projects in urban areas: A contractor perspective. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 10285–10294. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.11.025>
- Banco Central del Ecuador. (2023). *Informe económico del sector construcción 2022*. <https://www.bce.fin.ec>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Desempeño de los proyectos de infraestructura en América Latina*. <https://www.iadb.org>

- Banco Mundial. (2023). *Informe de infraestructura en América Latina y el Caribe*. <https://www.bancomundial.org/informeinfraestructura2023>
- Baral, P., Thapa, R., & Shah, R. (2022). Integrated approach of Pareto and PDCA for continuous improvement in construction projects. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(2), 289–306. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2020-0088>
- Cáceres-Peña, D. F., Álvarez, R., & López, J. H. (2021). Análisis de improductividad en obras públicas con el método de Pareto. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(3), 263–276. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000300263>
- CAF. (2023). *Informe de infraestructura urbana en ciudades intermedias de América Latina*. <https://www.caf.com>
- Cámara de la Construcción de Quito. (2023). *Reporte de sobrecostos y retrasos en obras urbanas*. <https://www.ccq.org.ec>
- CEPAL. (2021). *Panorama económico de América Latina*. <https://www.cepal.org>
- CEPAL. (2022). *Diagnóstico del sector construcción en América Latina*. <https://www.cepal.org>
- Cely, J., Zambrano, D., & Narváez, P. (2022). Evaluación de metodologías para mejorar la eficiencia en la construcción urbana. *Revista Ecuatoriana de Ingeniería*, 15(2), 23–39.
- Choudhury, M. A., Islam, M. S., & Naser, M. (2020). Construction project lifecycle and impact of delays in critical stages. *Journal of Civil Engineering Research*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.5923/j.jce.20201001.01>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dabholkar, R., & Sawant, V. (2020). A comparative study of scheduling techniques in construction project management. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9(3), 657–662. <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS030648>

- de Abreu, M. V., Lima, A. M., & Silva, L. C. (2021). Pareto analysis as a decision-making tool in construction planning. *Revista de Engenharia Civil*, 10(2), 117–125.
- Deloitte. (2023). *Global construction productivity report 2023*. <https://www2.deloitte.com>
- Elattar, S. M. (2021). Critical Path Method and risk analysis in construction projects. *Alexandria Engineering Journal*, 60(6), 5241–5251. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.04.036>
- Ezeokoli, F. O., Oke, A. E., & Fagbenle, O. I. (2023). External factors influencing construction project delays in dense urban environments. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(2), 512–529. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2021-0122>
- Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). Sage Publications.
- García-Hernández, J., Rueda, A., & López, F. (2022). Causas de retrasos en la construcción urbana en América Latina. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 37(1), 45–60. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732022000100045>
- González, C., & Acosta, L. (2021). Aplicación del principio de Pareto en proyectos de ingeniería civil. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 28(1), 55–70.
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza-Torres, C. P., & Mendoza-Figueroa, M. A. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.a ed.). McGraw-Hill.
- Hu, Y., Li, C., & Tang, Y. (2021). Analysis of delay propagation in high-rise building projects. *Automation in Construction*, 127, 103696. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103696>
- Hussain, K., Ahmed, R., & Shah, A. (2023). Delay causation framework for building projects in developing economies. *International Journal of Construction Management*, 23(1), 78–91. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1722065>
- Iftikhar, M., Qazi, S., & Khan, M. (2021). Identification of critical activities affecting project schedule in construction. *Journal of Construction in Developing Countries*, 26(2), 153–169. <https://doi.org/10.21315/jcdc2021.26.2.8>

- INEC. (2023). *Estadísticas del sector de la construcción*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Khalaf, M. A., Hussein, A. H., & Mahmood, N. A. (2021). Urban constraints and their effect on construction scheduling. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 12(1), 221–231.
- KPMG. (2020). *Future-ready index: Leaders and laggards in construction*. <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/06/global-construction-survey.html>
- López, R., & Jaramillo, F. (2021). Limitaciones de la experiencia empírica en la gestión del tiempo en obras civiles. *Revista de Estudios Constructivos*, 14(3), 121–138.
- McKinsey & Company. (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. <https://www.mckinsey.com>
- Memon, A. H., Rahman, I. A., & Azis, A. A. A. (2021). Delays in urban infrastructure projects in rapidly growing cities. *Civil Engineering Journal*, 7(3), 405–416. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091672>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2022). *Diagnóstico de retrasos en obras públicas*. <https://www.miduv.gob.ec>
- Mohanraj, D., & Ramachandran, A. (2021). Organizational factors contributing to delays in construction. *Built Environment Project and Asset Management*, 11(3), 479–496. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-01-2020-0016>
- Municipio de Quito. (2022). *Informe de crecimiento poblacional y expansión urbana de Cumbayá*. <https://www.quito.gob.ec>
- Nguyen, T. H., Bui, L. V., & Tran, H. P. (2023). Delay analysis in MEP installations using Pareto method. *Journal of Construction Engineering*, 18(1), 34–47. <https://doi.org/10.32732/jce.2023.18.1.34>

- PDOT Cumbayá. (2023). *Documento técnico del PDOT actualizado 2023*.
<https://www.planificacionquito.gob.ec>
- PMI. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Prasad, R., Menéndez, A., & Rodríguez, H. (2021). Project time management in complex urban settings. *International Journal of Urban Planning*, 12(2), 88–102.
- Prajapati, S., Sharma, A., & Raj, A. (2021). Implementation of Pareto chart for improving construction project productivity. *International Journal of Construction Project Management*, 13(1), 27–39.
- Pugna, I. B., Boldea, M., & Miclea, S. (2020). The use of Pareto analysis for increasing efficiency in construction projects. *Procedia Manufacturing*, 46, 350–357.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.052>
- PwC. (2022). *Construcción en América Latina: Diagnóstico y oportunidades 2022*.
<https://www.pwc.com/construccionlatam2022>
- Ramesh, S., & Natarajan, S. (2022). Application of Pareto analysis in modular construction scheduling. *Journal of Modern Project Management*, 10(4), 114–123.
<https://doi.org/10.19255/JMPM02608>
- Rauf, M., Khan, A., & Sajid, M. (2023). Prioritizing delay factors in public construction projects using Pareto analysis. *Journal of Civil Engineering Research*, 13(2), 57–68.
<https://doi.org/10.5923/j.jce.20231302.02>
- Romero-León, L., Vargas, E., & Muñoz, F. (2023). Factores contextuales que afectan el avance de obra en entornos urbanos densos. *Ingeniería e Investigación*, 43(1), e10213.
<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v43n1.10213>
- Sahu, S. (2022). Using Pareto principle to improve project management efficiency in construction. *Journal of Project Management Studies*, 7(1), 25–35.
<https://doi.org/10.32732/jpms.2022.7.1.25>

- Salgado, G., & Loor, P. (2023). Metodologías cuantitativas para la planificación estratégica de proyectos urbanos. *Revista Ciencia y Territorio*, 5(1), 33–49.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (8th ed.). Pearson Education.
- Sahoo, S., & Yadav, M. (2020). Pareto analysis in construction industry: A case study. *International Journal of Construction Management*, 20(5), 403–411. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1593989>
- Statista. (2023). *Global construction industry – Statistics & facts*. <https://www.statista.com/topics/974/construction/>
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach’s alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Wahab, M. A., Ali, N., & Rahman, S. (2022). Technical deficiencies and delays in residential building projects: A quantitative approach. *Buildings*, 12(3), 324. <https://doi.org/10.3390/buildings12030324>
- World Economic Forum. (2021). *Shaping the future of construction*. <https://www.weforum.org/reports>
- World Economic Forum. (2022). *Global infrastructure outlook*. <https://www.weforum.org/reports>
- Yin, R. K. (2021). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage Publications.

12. Anexos



















