



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



PRODUCTIVIDAD OCULTA EN MANTENIMIENTO: Optimización del Valor Agregado mediante Lean Maintenance en una Planta LNG

EDISON CORDOBA MORENO, CMRP

Especialista en Productividad Oculta en Mantenimiento

Email: edison@edenergy.co

Barranquilla – Colombia

RESUMEN

Este trabajo introduce el concepto de “Productividad Oculta en Mantenimiento”, entendido como la capacidad instalada no aprovechada que permanece invisible cuando los indicadores contractuales se encuentran en niveles aceptables.

Se presenta un caso aplicado de optimización de productividad en mantenimiento industrial desarrollado en una planta de Gas en Latinoamérica en el 2025. Mediante la metodología Lean Maintenance y Work Sampling, se evaluó el KPI contractual de Valor Agregado ($\geq 70\%$). Se realizaron 1005 observaciones con nivel de confianza superior al 80%. El resultado global mostró un Valor Agregado (VA) de 78,20%, superando la meta contractual, pero identificando 21,80% de actividades MUDA asociadas principalmente a transporte, permisos de trabajo y tiempos personales. Se diseñó un plan de mejora enfocado en eliminación de desperdicios y fortalecimiento de la Gestión de Activos, con proyección de incremento de productividad hasta 85%.

Palabras clave:

Wrench Time; Lean Maintenance; Work Sampling; Gestión de Activos; Productividad Oculta; ISO 55001.

1. CONTEXTO DEL NEGOCIO

En contratos industriales de mantenimiento en plantas LNG, el desempeño del personal impacta directamente:

- Costos operativos (OPEX)
- Penalidades contractuales (Liquidated Damages)
- Disponibilidad operacional
- Indicadores de Gestión de Activos

El contrato vigente exigía un Valor Agregado mínimo del 70%.

No existía medición estadística validada bajo metodología Lean.

La alta dirección requería:

- Evidencia objetiva del desempeño real.
- Identificación de desperdicios.
- Acciones concretas de mejora.

2. OPORTUNIDAD IDENTIFICADA

Muchas organizaciones celebran el cumplimiento del KPI mínimo contractual. Sin embargo, cumplir no equivale a optimizar.

La pregunta estratégica que orientó este estudio fue:

¿Cuánta productividad está oculta dentro del cumplimiento?

El cumplimiento del KPI contractual de Valor Agregado ($\geq 70\%$) no garantiza necesariamente un desempeño óptimo del mantenimiento. En el caso analizado, aunque el resultado global alcanzó 78,20%, se identificó un 21,80% de actividades clasificadas como MUDA (desperdicio



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



eliminable). Esto evidencia que, aun superando la meta mínima, existe capacidad productiva no aprovechada dentro del sistema.

La diferencia entre el desempeño actual (78%) y un escenario optimizado (85%) representa aproximadamente un 7% adicional de capacidad instalada recuperable sin incrementar personal. En términos operativos, esta brecha se traduce en horas-hombre productivas adicionales que pueden impactar positivamente la disponibilidad de activos, la reducción del backlog y la mitigación del riesgo contractual.

Desde la perspectiva Lean, el propósito no es perseguir la improductividad, sino liberar valor. El desperdicio (MUDA) no se aborda únicamente como una falla operativa, sino como capacidad bloqueada dentro del sistema. Por ello, la formulación de la pregunta estratégica no se centró en cuantificar la improductividad, sino en identificar la productividad potencial aún no capturada.

Este cambio de enfoque desplaza la atención del problema hacia el potencial: incluso cuando el indicador contractual se encuentra en verde, puede existir valor recuperable que incrementa la capacidad instalada sin necesidad de mayores recursos. Así, la oportunidad identificada no fue demostrar insuficiencia en el desempeño, sino evidenciar que aún podía optimizarse.

En consecuencia, el verdadero valor del estudio no radica en verificar el cumplimiento del KPI, sino en revelar la productividad oculta dentro del propio cumplimiento.

2.1 Marco Conceptual

El presente estudio se fundamenta en tres pilares conceptuales: Lean Maintenance, Work Sampling y Gestión de Activos.

Lean Maintenance aplica los principios del pensamiento Lean al mantenimiento industrial, orientándose a la eliminación sistemática del desperdicio (MUDA), la mejora del flujo de trabajo y la maximización del valor generado por el recurso humano y los activos físicos. Bajo este enfoque, el tiempo dedicado a actividades que no transforman el estado del activo constituye una oportunidad de mejora estructural.

El Work Sampling, desarrollado en ingeniería industrial como técnica estadística de estimación del tiempo, permite determinar la distribución real de actividades mediante observaciones aleatorias. Su aplicación en mantenimiento posibilita medir objetivamente el Wrench Time o Valor Agregado, reduciendo sesgos y percepciones subjetivas sobre productividad.

Finalmente, desde la perspectiva de la Gestión de Activos (ISO 55001), la productividad del mantenimiento impacta directamente el equilibrio entre desempeño, costo y riesgo.

La identificación y reducción del desperdicio no solo mejora indicadores operativos, sino que fortalece el sistema de gestión de activos al optimizar la capacidad instalada y el valor generado por el portafolio físico.

En este contexto, el concepto de “Productividad Oculta en Mantenimiento” se define como la capacidad instalada no aprovechada que permanece invisible cuando los indicadores contractuales se encuentran dentro de rangos aceptables, pero aún presentan potencial de optimización.

3. METODOLOGÍA APLICADA

3.1 Enfoque metodológico

Se implementó un estudio de **Maintenance Work Sampling** (Muestreo del Trabajo en



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Mantenimiento), metodología recomendada en buenas prácticas de productividad de mantenimiento y alineada con lineamientos de medición utilizados en entornos Lean. El objetivo fue estimar, con base estadística, la proporción de tiempo dedicada por el personal a actividades que agregan valor (Wrench Time) y a actividades no productivas o desperdicio (MUDA), sin necesidad de seguimiento continuo.

El Work Sampling se basa en **observaciones puntuales y repetidas** realizadas en momentos distribuidos a lo largo del tiempo. Cada observación registra la actividad predominante que ejecuta el trabajador en ese instante. Posteriormente, la distribución de actividades observadas se usa como estimador del porcentaje real de tiempo dedicado a cada categoría.

3.2 Alcance temporal y población observada

Periodo: 14–21 febrero 2025

Horario observado: 06:00 – 18:00

Total observaciones: 1005

- 578 observaciones clasificadas como productivas (VA + NVAR).
- 427 observaciones clasificadas como desperdicio eliminable (NNVA/MUDA).
- **Nivel de confianza del estudio:** superior al 80%, según el tamaño muestral alcanzado y la variabilidad esperada en la distribución de actividades.

Las observaciones se realizaron sobre técnicos de distintas disciplinas de mantenimiento (p. ej., mecánica, instrumentación, electricidad y servicios generales), buscando capturar actividades en campo, desplazamientos, esperas, preparación de área y tareas de soporte asociadas a la ejecución.

3.3 Diseño de muestreo y toma de datos

Para minimizar sesgos, las observaciones se distribuyeron de manera que cubrieran diferentes momentos del día y diferentes frentes de trabajo. En cada ronda, el observador registró:

- Disciplina del trabajador observado
- Ubicación general (taller, campo, ruta, área de intervención)
- Actividad predominante observada
- Clasificación de la actividad (VA, NVAR o NNVA/MUDA)
- Observación breve o comentario (si aplica) para soporte del análisis (ej.: “espera PTW”, “traslado por herramientas”, “espera por instrucciones”, etc.).



Figura 1. Rondas de muestreo

Figura 2. Datos registrados, software de muestreo

La unidad de análisis fue la **observación puntual**, no el tiempo cronometraje individual; por tanto, el porcentaje se deriva de la relación entre número de



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



observaciones por categoría y el total de observaciones registradas.

3.4 Criterios de clasificación de actividades

Con el propósito de evaluar productividad real desde una perspectiva Lean y contractual, las actividades se clasificaron en tres categorías:

- **VA – Valor Agregado:** actividades de ejecución directa que transforman el estado del activo hacia la condición requerida (p. ej., intervención mecánica/electrónica, calibración, ajuste, cambio de componente, pruebas funcionales directamente asociadas a la reparación o mantenimiento).
- **NVAR – No agrega valor, pero requerido:** actividades necesarias para ejecutar el trabajo de forma segura y conforme a procedimientos, aunque no transforman directamente el activo (p. ej., inducción de seguridad, preparación del área, limpieza requerida, inspecciones HSE previas, coordinación obligatoria, documentación exigida por el sistema).
- **NNVA / MUDA – No valor agregado eliminable:** actividades que no aportan valor y que pueden reducirse o eliminarse mediante mejoras al sistema (p. ej., espera por PTW, espera por instrucciones, transporte innecesario, búsqueda de herramientas o repuestos, reprocesos, tiempos personales fuera de controles establecidos).

Estos criterios permitieron separar claramente:

1. el tiempo productivo real (VA),
2. el tiempo necesario pero optimizable (NVAR), y
3. el desperdicio eliminable (NNVA/MUDA).

3.5 Tratamiento de resultados y cálculo de indicadores

El porcentaje de cada categoría se calculó como:

$$\%VA = \frac{\text{Observaciones (VA + NVAR)}}{\text{Total de observaciones}} \times 100$$

$$\%MUDA = \frac{\text{Observaciones NNVA}}{\text{Total de observaciones}} \times 100$$

El **Valor Agregado** se reportó como el porcentaje de actividades VA + NVAR sobre el total de observaciones. Se generaron resultados globales y por disciplina para identificar brechas, patrones y causas principales de desperdicio (MUDA), con el fin de estructurar un plan de mejora enfocado.

4. RESULTADOS EJECUTIVOS

Resultado Global

Valor Agregado (VA): **78,20%**

Meta contractual: 70%

Cumplimiento: +8,2 pp

MUDA total identificada: **21,80%**

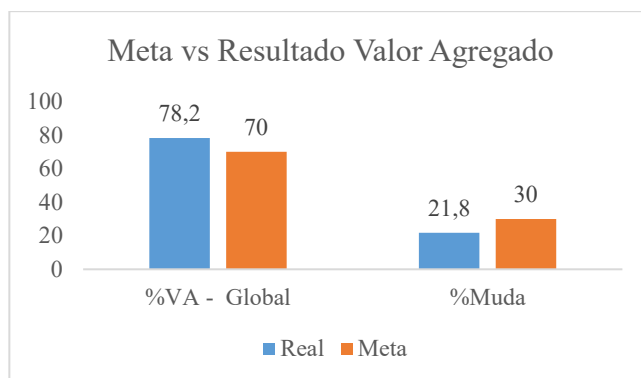


Fig. 3. Comparación entre la meta contractual de Valor Agregado (70%) y el resultado obtenido (78,20%) en el estudio de Work Sampling.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Resultados por Disciplina

Disciplina	VA (%)	Observación Estratégica
Electricidad	78,21	Dentro de meta
Mecánica	77,37	Dentro de meta
Servicios Generales	79,48	Mejor desempeño
Instrumentación	62,50	Brecha crítica

Tabla 1. Valor Agregado (VA) por disciplinas

Instrumentación mostró una desviación significativa respecto al estándar esperado.

El resultado global del estudio evidenció un Valor Agregado (VA) de 78,20%, superando la meta contractual del 70% en 8,2 puntos porcentuales. Este cumplimiento confirma que el desempeño global del servicio se encuentra en el rango aceptable desde el punto de vista contractual. Sin embargo, se identificó simultáneamente un 21,80% de MUDA (desperdicio eliminable), lo cual demuestra la existencia de capacidad productiva bloqueada dentro del sistema, aun cuando el indicador se encuentra en “verde”.

El análisis por disciplina permitió identificar una brecha crítica en Instrumentación (VA = 62,50%), significativamente inferior al desempeño de Electricidad (78,21%), Mecánica (77,37%) y Servicios Generales (79,48%). En términos de priorización, este hallazgo sugiere que Instrumentación representa el principal foco de intervención, dado su potencial de elevar el desempeño global mediante mejoras asociadas a paquetes de trabajo, protocolos de recibo-entrega y reducción de dependencias operacionales durante la ejecución.

En cuanto a las causas de desperdicio, la mayor proporción de MUDA se concentró en transporte interno, espera por permisos de trabajo (PTW) y tiempos personales. La concentración del desperdicio en estas categorías sugiere oportunidades concretas de mejora mediante estrategias 5S, estandarización logística, preplaneación y optimización del flujo de permisos.

5. PRINCIPALES IDENTIFICADOS

DESPERDICIOS

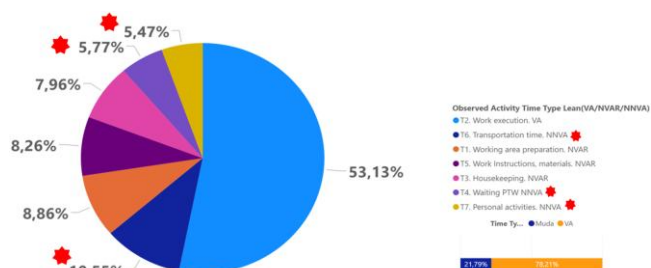


Figura 4. Distribución de desperdicios eliminables (NNVA/MUDA).

El estudio permitió identificar que el 21,80% del tiempo total observado correspondió a actividades clasificadas como NNVA (MUDA). De este total, tres categorías concentraron la totalidad del desperdicio identificado:

- Transporte interno: 10,55%
- Espera por permisos de trabajo (PTW): 5,77%
- Actividades personales: 5,47%

Transporte interno (10,55%)

El transporte interno representó la mayor proporción de desperdicio. Esta categoría incluyó desplazamientos hacia talleres, bodegas o áreas administrativas para búsqueda de herramientas, repuestos, autorizaciones o coordinación operativa después de haberse autorizado el permiso de ejecución en campo.

Desde una perspectiva Lean, este tipo de desperdicio corresponde a “movimientos innecesarios” y “transporte”, ambos identificados como formas clásicas de MUDA. Su magnitud sugiere oportunidades de mejora asociadas a:

- Reorganización de almacenes bajo metodología 5S.
- Implementación de kits de intervención preconfigurados.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



- Optimización de rutas internas.
- Mejor planificación de materiales antes del inicio de la jornada.

Este hallazgo evidencia que una parte significativa de la improductividad no se origina en la ejecución técnica, sino en la logística de soporte.

Espera por permisos de trabajo – PTW (5,77%)

La espera por aprobación o entrega de permisos de trabajo constituyó la segunda fuente de desperdicio. Esta categoría incluyó tiempos muertos en campo mientras se obtenía autorización formal para iniciar o continuar actividades.

Este tipo de MUDA está asociado a “espera” dentro del flujo de valor. Su existencia no implica necesariamente incumplimiento normativo, sino oportunidades de mejora en:

- Coordinación anticipada con operaciones.
- Digitalización de flujos de aprobación.
- Ventanas horarias predefinidas para intervenciones recurrentes.
- Integración temprana entre planeación y seguridad.

Desde una visión sistémica, esta categoría refleja fricciones en la interfaz entre mantenimiento y operación.

Actividades personales (5,47%)

Las actividades personales incluyen tiempos fuera de la ejecución directa no asociados a tareas requeridas (p. ej., pausas prolongadas no programadas).

Si bien parte de este tiempo puede estar asociado a necesidades fisiológicas normales, su magnitud sugiere oportunidad de fortalecimiento en cultura de productividad y supervisión operativa.

Es importante destacar que esta categoría fue cuantificada objetivamente mediante observación puntual, evitando juicios subjetivos.

El análisis revela que el principal costo oculto no se encuentra en la capacidad técnica del personal, sino en elementos estructurales del sistema: distribución física, flujo de permisos, coordinación interáreas y planeación previa a la ejecución.

Esto confirma que la productividad del mantenimiento es, en gran medida, un fenómeno organizacional más que individual.

Desde una visión ejecutiva, el mayor potencial de mejora no radica en incrementar la presión sobre el personal, sino en rediseñar el sistema que rodea la ejecución. La reducción del transporte innecesario y de los tiempos de espera puede liberar capacidad instalada sin requerir aumento de recursos humanos, impactando directamente la disponibilidad de activos y la eficiencia contractual.

6. IMPACTO EN GESTIÓN DE ACTIVOS

Desde una perspectiva de gestión de activos, la productividad del mantenimiento influye directamente en el equilibrio entre desempeño, costo y riesgo.

La liberación de capacidad instalada mediante reducción de desperdicio fortalece este equilibrio sin requerir CAPEX adicional.

Por tanto, la mejora proyectada no debe interpretarse únicamente como un incremento porcentual del indicador, sino como una optimización integral del sistema de gestión de activos.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



La reducción del MUDA no es simplemente una mejora operativa; constituye una intervención estructural en el sistema de gestión de activos.

En primer lugar, responde al numeral 6.2 al establecer objetivos medibles orientados a mejorar el desempeño del sistema de gestión de activos, impactando de forma cuantificable el equilibrio entre costo, riesgo y desempeño. Asimismo, se vincula con el numeral 8.1 al fortalecer la planificación y el control operacional, especialmente en lo relacionado con logística interna y gestión de permisos de trabajo, reduciendo variabilidad y tiempos improductivos. Desde la perspectiva del numeral 9.1, la aplicación de Work Sampling constituye un mecanismo objetivo de seguimiento, medición y análisis del desempeño, aportando evidencia basada en datos para la toma de decisiones. Finalmente, conforme al numeral 10.2, la identificación sistemática del desperdicio activa el ciclo de mejora continua, transformando el cumplimiento contractual mínimo en una oportunidad estructurada de optimización del sistema de gestión de activos.

La productividad del mantenimiento constituye un activo estratégico en sí mismo, cuyo desempeño incide directamente en el valor del portafolio físico.

7. PLAN DE ACCIÓN IMPLEMENTADO

Corto Plazo (Mejora potencial: 5%):

- Implementación 5S en talleres.
- Kits prearmados por tipo de intervención.
- Mejor coordinación diaria con operaciones.
- Rediseño de paquetes de trabajo.

Mediano Plazo (Mejora Potencial – 2%):

- Digitalización de permisos de trabajo.
- Mapeo de flujo (Value Stream Mapping).

- Indicador mensual de MUDA.
- Programa de cultura Lean.

8. DISCUSIÓN TÉCNICA

Aunque el KPI contractual se cumple, el estudio demuestra que cumplir no es optimizar.

La diferencia entre el desempeño contractual mínimo (70%) y el escenario optimizado proyectado (85%), considerando la equivalencia en horas hombre en contratos de alta escala, representa un impacto acumulado superior a 0.5 MMUSD en eficiencia operativa.

Los resultados obtenidos evidencian que, en gestión de activos, el cumplimiento contractual no garantiza optimización. La identificación sistemática del desperdicio constituye un mecanismo estructural para liberar capacidad disponible de mantenimiento y fortalecer el desempeño del sistema.

9. CONCLUSIONES

1. Se validó objetivamente un Valor Agregado de 78,20%.
2. Se identificó 21,80% de desperdicio optimizable.
3. Instrumentación requiere intervención prioritaria.
4. El modelo es replicable en entornos LNG, minería, petroquímica, alimentos, energía, etc.
5. Lean Maintenance fortalece directamente la Gestión de Activos.

10. REFERENCIAS

- [1] Service Contract KPI framework. Documento contractual interno.
- [2] SMRP (2024). Best Practices Metrics for Maintenance & Reliability Management.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



[3] Niebel, B.W. & Freivalds, A. (2003). Methods, Standards, and Work Design.

[4] ISO 55001:2014. Asset management — Management systems — Requirements. International Organization for Standardization.

Edison Córdoba Moreno, CMRP

Especialista en liberación de productividad oculta en sistemas de mantenimiento industrial. Experto en optimización de KPIs contractuales y en la aplicación estratégica de Lean Maintenance en entornos de gestión de activos.

Email: edison@edenergy.co

Teléfono: 3104573869

Barranquilla - Colombia