

**Prototipo de máquina limpiadora de ventanas de edificios.
(Resumen Analítico)**

***Prototype of a building window cleaning machine.
(Analytical Summary)***

Autores (*Authors*): Guerrero Juan

Facultad (*Faculty*): de Ingeniería

Programa (*Program*): Ingeniería Mecatronica

Asesor (*Support*): Ing. Msc. Anghelo Marino Rubio López

Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): 02 2024

Modalidad de Investigación (*Kind of research*): Trabajo de Grado

PALABRAS CLAVE

REDUCCIÓN DE ACCIDENTES POR ALTURAS

MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

LIMPIEZA DE VENTANAS

SEGURIDAD EN TRABAJOS A GRAN ALTURA

PROTOTIPO DE MÁQUINA LIMPIADORA DE VENTANAS PARA EDIFICIOS

LIMPIEZA DE VENTANAS EXTERIORES

LIMPIEZA DE EXTERIORES CON MÁQUINAS

KEY WORDS

REDUCTION OF HEIGHT RELATED ACCIDENTS

BUILDING MAINTENANCE

WINDOW CLEANING

SAFETY IN HIGH-RISE WORK

PROTOTYPE OF BUILDING WINDOW CLEANING MACHINE

EXTERIOR WINDOW CLEANING

EXTERIOR CLEANING WITH MACHINES

RESUMEN:

El proyecto, bajo el título "Prototipo de Máquina Limpiadora de Ventanas para Edificios", se centra en la creación de un dispositivo diseñado para instalarse en la parte superior de un edificio y descender posteriormente. El objetivo primordial de este prototipo es llevar a cabo la limpieza de las ventanas exteriores de los edificios mediante un sistema motorizado. Este enfoque busca proporcionar una alternativa más segura para la realización de trabajos a gran altura en la región, considerando el crecimiento constante de edificios de apartamentos y la creciente problemática de acumulación de suciedad en las ventanas.

ABSTRACT:

The project, titled "Prototype of Building Window Cleaning Machine," focuses on the creation of a device designed to be installed at the top of a building and then descend. The primary objective of this prototype is to clean the exterior windows of buildings using a motorized system. This approach aims to provide a safer alternative for high-rise work in the region, considering the constant growth of apartment buildings and the increasing problem of dirt accumulation on windows.

CONCLUSIONES:

Se han desarrollado seis modelos, de los cuales solo dos se concretaron. Como era de esperar, los primeros modelos correspondían a esbozos preliminares que mostraban las desventajas inherentes a ciertas morfologías. Estas formas podrían resultar perjudiciales para los edificios, como el uso de tanques de acero o perfiles con terminaciones agudas. Además, esos esbozos presentaban desafíos técnicos considerables. A pesar de que el software CAD ofrece una aproximación del prototipo final, el comportamiento real resultaba incierto.

La construcción del primer modelo representó un desafío; aunque en el dibujo CAD las piezas encajaban y parecían rígidas, en la realidad las barras no lograban mantener la estructura sin rotar y desarticular las piezas. En respuesta a esto, se desarrolló un segundo modelo con una configuración diferente. Se optó por perfiles en forma de 'U' como plataforma de montaje en lugar de perfiles cilíndricos. Esta modificación permitió fijar las piezas con tornillos, facilitando el desmontaje para realizar mantenimiento y otorgando robustez al modelo. Además de mejorar su estabilidad, esta configuración aumentó la versatilidad del proceso de armado.

Durante el proceso de desarrollo del primer prototipo, se observaron varios problemas en su funcionamiento. La posición de la hélice causaba que el dispositivo fuera percibido como ingobernable e inestable a máximas velocidades. Además, el uso de espumas como amortiguador resultaba problemático, ya que, al entrar en contacto con el agua, estas se humedecían y aumentaban considerablemente el peso. Por otro lado, el software presentaba problemas de conectividad y funciones

innecesarias que complicaban su operación. Estos problemas plantearon correcciones en el diseño del dispositivo, incluyendo un software más amigable y una disposición de piezas más coherente. Las correcciones realizadas tuvieron en cuenta las incomodidades y fallas de diseño presentadas en el prototipo uno, lo que permitió solventar los problemas encontrados y sintetizar un dispositivo más sencillo de operar.

CONCLUSIONS:

Six models have been developed, of which only two were finalized. As expected, the initial models were preliminary sketches that revealed the inherent disadvantages of certain morphologies. These forms could be detrimental to buildings, such as the use of steel tanks or profiles with sharp edges. Additionally, those sketches presented considerable technical challenges. Although CAD software provides an approximation of the final prototype, the actual behavior remained uncertain.

The construction of the first model posed a challenge; although the CAD drawing showed the pieces fitting together and appearing rigid, in reality, the bars could not maintain the structure without rotating and disassembling the pieces. In response, a second model with a different configuration was developed. U-shaped profiles were chosen as the mounting platform instead of cylindrical profiles. This modification allowed the pieces to be fixed with screws, making disassembly for maintenance easier and giving the model robustness. Besides improving its stability, this configuration increased the versatility of the assembly process.

During the development of the first prototype, several issues with its operation were observed. The position of the propeller caused the device to be perceived as unmanageable and unstable at maximum speeds. Additionally, using foam as a shock absorber proved problematic, as the foam absorbed water, significantly increasing the weight. Furthermore, the software had connectivity issues and unnecessary functions that complicated its operation. These problems prompted corrections in the device's design, including more user-friendly software and a more coherent arrangement of parts. The corrections addressed the discomforts and design flaws presented in the first prototype, allowing for the resolution of encountered issues and resulting in a device that was easier to operate.

RECOMENDACIONES:

En futuras investigaciones, se deben explorar enfoques alternativos para abordar las limitaciones identificadas. Por ejemplo, aplicar una metodología que permita la síntesis de un prototipo capaz de moverse entre edificios actuales. Dado que la arquitectura contemporánea tiende hacia geometrías más complejas, es crucial considerar este aspecto, ya que podrían representar un desafío para un prototipo diseñado exclusivamente para limpiar edificios tradicionales.

Incluir variables y escenarios adicionales para examinar más a fondo las relaciones y efectos observados. Esto ayudaría a capturar aspectos no contemplados en el estudio actual, como el comportamiento en entornos reales. La dificultad para emular las velocidades del viento sobre el prototipo en el laboratorio debido a limitaciones de equipos y permisos resalta la necesidad de incorporar escenarios más realistas para una evaluación completa y precisa de su efectividad en condiciones prácticas.

Aumentar la validez y generalización del dispositivo, se recomienda ampliar las funcionalidades a nivel de software y hardware. Por ejemplo, se sugiere la implementación de tecnologías de visión e inteligencia artificial, así como la capacidad de resolver problemas de manera autónoma. Además, se propone el uso de articulaciones que permitan al dispositivo sortear las geometrías de los edificios contemporáneos. Estas mejoras incrementarían la versatilidad y eficacia del dispositivo en una variedad de entornos y situaciones.

Utilizar los hallazgos de este estudio para desarrollar un producto final que ayude a realizar trabajos en altura en la región. Dado el riesgo asociado con estas tareas, es crucial abordar la seguridad de los trabajadores. El dispositivo basado en los resultados de esta investigación podría contribuir significativamente a mejorar la seguridad en el lugar de trabajo y reducir la incidencia de accidentes relacionados con caídas.

RECOMMENDATIONS:

In future research, alternative approaches should be explored to address the identified limitations. For example, applying a methodology that enables the synthesis of a prototype capable of moving between contemporary buildings. Since modern architecture tends towards more complex geometries, it is crucial to consider this aspect, as they could pose a challenge for a prototype designed exclusively to clean traditional buildings.

Incorporating additional variables and scenarios to further examine the observed relationships and effects would help capture aspects not considered in the current study, such as behavior in real-world environments. The difficulty in emulating wind speeds on the prototype in the laboratory due to equipment limitations and permissions highlights the need to incorporate more realistic scenarios for a complete and accurate evaluation of its effectiveness under practical conditions.

To increase the device's validity and generalizability, it is recommended to expand its functionalities at both software and hardware levels. For instance, implementing vision technologies and artificial intelligence, as well as the ability to autonomously solve problems. Additionally, the use of joints that allow the device to navigate the geometries of contemporary buildings is proposed. These improvements would enhance the device's versatility and effectiveness in a variety of environments and situations.

Utilizing the findings of this study to develop a final product that aids in high-rise work in the region is essential. Given the risk associated with these tasks, it is crucial to address worker safety. The device, based on the results of this research, could significantly contribute to improving workplace safety and reducing the incidence of fall-related accidents.